



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mirka Poikelin

RINTAMAMIESTALON ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Tekniikka ja liikenne
2010

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun rakennustekniikan koulutusohjelmassa syksyllä 2010. Aihe opinnäytetyöhöni tuli yksityiseltä tilaajalta.

Haluan kiittää lehtori Heikki Paanasta Vaasan ammattikorkeakoulusta opinnäytetyöni ohjauksesta. Haluan myös kiittää tilaajaa mielenkiintoisesta aiheesta ja neuvoista työn aikana.

Vaasassa 11.11.2010

Mirka Poikelin

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Mirka Poikelin
Opinnäytetyön nimi	Rintamamiestalon energiatehokkuuden parantaminen
Vuosi	2010
Kieli	suomi
Sivumäärä	53 + 4 liitettä
Ohjaaja	Heikki Paananen

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää ratkaisuja rintamamiestalojen energiatehokkuuden parantamiseksi. Työssä käytettiin esimerkikohteena Keski-Suomessa sijaitsevaa jälleenrakennusajan asuinrakennusta, johon oli tarkoituksena löytää energiatehokkuutta parantavia korjausehdotuksia käytännöllisyyden, helppouden, ympäristöystävällisyyden sekä kustannusten kannalta.

Opinnäytetyön tutkimusten lähtökohtana käytettiin kohderakennuksen käyttäjän omia toiveita sekä kokemuksia ja havaintoja rakennuksen nykytilasta. Aineistona käytettiin alan kirjallisuutta sekä Internet-lähteitä. Opinnäytetyö aloitetaan selvittämällä rintamamiestalojen rakenne- ja toimintaperiaatteet sekä yleisimmät niihin liittyvät ongelmat. Sen jälkeen käydään läpi kohteen tiedot ja korjaustarpeiden arviointi. Seuraavaksi tutkitaan eri korjausvaihtoehtoja ja ehdotuksia lämmöneristävyyden, tiiveyden, sähkönkulutuksen, ilmanvaihdon sekä lämmitysjärjestelmien parantamiseksi. Lopuksi käydään läpi yhteenvetona kohteen korjausehdotukset.

Opinnäytetyössä kohteen korjausratkaisuksi saadaan ulkoseinien ja lattian eristeiden vaihtaminen nykyaikaisiin. Yläpohja ja ulkoseinä lisäeristetään. Rakennuksen tiiveyttä parannetaan erityisesti nurkkien sekä ikkuna- ja oviaukkojen kohdalta. Lämmitysjärjestelmä ja ilmanvaihtojärjestelmä kohteessa todetaan riittäväksi, joten niitä ei tarvitse vaihtaa.

Avainsanat	rintamamiestalo, energiatehokkuus, lämmöneristävyys
------------	---

ABSTRACT

Author	Mirka Poikelin
Title	Improving Energy Efficiency of Veteran Houses
Year	2010
Language	Finnish
Pages	53 + 4 Appendices
Name of Supervisor	Heikki Paananen

The purpose of this thesis was to find solutions to improving energy efficiency of veteran houses. A veteran house located in Central Finland was used as an example case in this thesis to determine useful, easy, environmentally-friendly and inexpensive ways to improve energy efficiency.

Hopes, experiences and observations of the owner of the subject building were used as a starting point of this thesis. Literature of the field and the Internet databases were used as source material. The thesis report begins with examining the structure and function policy of veteran houses and their usual problems. Next there is an explanation about the observations and renovation needs of the house. Observations about the suggested corrections to the thermal insulation, density, electricity usage, ventilation and heaters are described in the next part. The last part sums up all the suggested corrections to the improvement of energy efficiency of the house.

The solution to the needed corrections in the house was to replace the old thermal insulation with new ones in the floor and wall structures. The roof and wall structures' insulation is also improved. Density improvement is done especially to the corners of the house and windows and doorways. The heating and ventilation system of the house examined was well functioning so it does not require replacing.

Keywords	Veteran house, energy efficiency, thermal insulation
----------	--

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	TAUSTA.....	9
1.1	Rintamamiestalot.....	9
1.1.1	Rakenne	10
1.1.2	Ongelmat	11
1.2	Rakennuksen energiatehokkuus	12
1.2.1	Hyvän talon ominaisuudet.....	12
1.2.2	Ilmanpitävyys	14
1.2.3	Lämpöhäviöt.....	14
1.2.4	Rakenteen lämmönläpäisevyys	16
2	KOHDE	18
2.1	Rakenne.....	18
2.2	Korjaustarpeen arviointi.....	19
3	LÄMMÖNERISTYS	22
3.1	Ulkoseinät.....	22
3.1.1	Ulkopuolinen lisäeristäminen.....	22
3.1.2	Sisäpuolinen lisäeristäminen	23
3.1.3	Vanhan eristeen vaihtaminen	24
3.1.4	Kohteen ulkoseinät	25
3.2	Alapohja	25
3.3	Yläpohja	27
3.3.1	Vaakasuuntaisen yläpohjan lisäeristäminen.....	28
3.3.2	Vinon yläpohjan lisäeristäminen	28
3.4	Kohteen yläpohjan lisäeristäminen	29
3.5	Kosteat tilat	30
3.6	Sokkelin lisäeristäminen	31
4	VAIPAN TIIVEYS.....	32
4.1	Ikkunat ja ovet.....	32
4.2	Höyrynsulku	33

5	SÄHKÖNKULUTUS	34
5.1	Valaistus	34
5.2	Kodinkoneet ja laitteet	34
5.3	Asukkaiden asumiskäyttäytyminen	35
6	ILMANVAIHTO	37
6.1	Painovoimainen ilmanvaihto	37
6.2	Koneellinen ilmanvaihto	38
7	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT	41
7.1	Lämmöntuottojärjestelmät	41
7.1.1	Pellettilämmitys	41
7.1.2	Puulämmitys	42
7.1.3	Sähkölämmitys	42
7.1.4	Maalämpöpumppu	43
7.1.5	Ilma-vesilämpöpumppu	43
7.1.6	Poistoilmalämpöpumppu	44
7.1.7	Kaukolämpö	44
7.1.8	Öljylämmitys	45
7.1.9	Kaasulämmitys	46
7.2	Varalämmitysjärjestelmät	46
7.2.1	Aurinkolämmitys	46
7.2.2	Tulisijat	47
7.2.3	Ilmalämpöpumppu	47
7.3	Kohteen lämmitysjärjestelmä	48
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	50
8.1	Kannattavuus	50
8.2	Riskit	51

LÄHTEET

LIITTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1.	Korjausten vaikutus energiankulutukseen	s. 14
Kuva 2.	Kohderakennuksen julkisivu	s. 17
Kuva 3.	Kohteen ulkoseinärakenne	s. 24
Kuva 4.	Kohteen alapohjarakenne	s. 25
Kuva 5.	Kohteen yläpohjarakenne	s. 29
Kuva 6.	Ilmanvaihdon aiheuttamat lämpöhäviöt	s. 38
Kuva 7.	JÄMÄ-PUU 126 varastopesäkattila	s. 47
Taulukko 1.	Minimi U-arvovaatimukset	s. 16

LIITELUETTELO

LIITE 1. Alapojan lämpöhäviölaskelma

LIITE 2. Ulkoseinän lämpöhäviölaskelma

LIITE 3. Yläpohjan lämpöhäviölaskelma

LIITE 4. Kohteen alkuperäinen pohjapiirros

1 TAUSTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää energiatehokkuutta parantavia korjausratkaisuja rintamamiestaloihin. Työssä on käytetty esimerkkitapahtumana Keski-Suomessa sijaitsevaa rintamamiestaloa. Ympäristöhaittojen vähentämiseksi on rakennusten energiatehokkuuteen nykyaikana alettu kiinnittää enemmän huomiota. Rakentamisessa energiatehokkuus on huomioitu mm. rakentamismääräysten kiristyneillä U-arvovaatimuksilla. Vaikka uudet määräykset koskevatkin lähinnä uudisrakentamista, on ne hyvä ottaa huomioon myös korjausrakentamisessa.

1.1 Rintamamiestalot

Jatkosota ajoi monet suomalaiset kodeistaan ja välirauhansopimuksen astuessa voimaan 19.9.1944 lähes 450 000 suomalaista oli kodittomina. Olosuhteet sodan jälkeisessä rakennustoiminnassa olivat vaikeita valtavan materiaaliapulaa takia. Tarvikkeista oli kilpailtava ja se johtikin rintamamiestalojen syntyyn. Rintamamiestalot rakennettiin suurimmaksi osaksi talkootyöllä. Rakentamiseen käytettiin halpoja ja helposti hankittavia materiaaleja, kuten puuta, jota saatiin yleensä omasta metsästä. Tontit olivat suuria ja rakennuspaikaksi valittiin yleensä alue, johon oli mahdollista ympärille perustaa viljelysmaata ja rakennukset sijoiteltiin yleensä lievästi ympäristöstä kohoavaan maastokohtaan. Rintamamiestaloja näkeekin usein maaseutualueilla. /1,3/

Rintamamiestalot ovat 1,5-kerroksisia ja usein osakellarillisia rankarakenteisia rakennuksia. Rintamamiestalot suunniteltiin niin, että keskelle rakennusta rakennettiin savupiippu, jonka ympärille sijoiteltiin huoneet, mikä teki talosta neliön muotoisen. Keittiöstä tehtiin useimmiten suuri ja katosta tehtiin jyrkkä, mikä mahdollisti ullakkotilojen rakentamisen loppuun vasta myöhemmin ja ne onkin usein muutettu jälkeenpäin ylimääräisiksi asuintiloiksi. Yleensä rintamamiestalojen eristeenä käytettiin sahanpurua, mutta pahimman materiaaliapulaa aikana saatettiin eristeenä käyttää jopa sammalta ja tiivistävänä kerroksena esimerkiksi tervapahvia. /1,3/

Rintamamiestalojen mallia käytettiin rakentamisessa jopa 1970-luvulle asti. Yhteensä rintamamiestaloja rakennettiin noin 150 000 kappaletta. Valtaosa rakennettiin saman perusratkaisun mukaisesti eroten lähinnä vain huonejärjestyksessä ja mitoissa. /2/

1.1.1 Rakenne

Perustukset pyrittiin rakentamaan ulottumaan roudattomaan syvyyteen. Sen vuoksi vakavat perustusvauriot ovat harvinaisia rintamamiestaloissa. Perustus rakennettiin useimmiten betonista, mutta joskus saatettiin käyttää myös luonnonkiveä tai sementtitiiltä. Kellarin seinät tehtiin yleensä eristeettömiksi, mutta kosteassa perusmaassa kosteudeneristys varmistettiin sivelemällä seinän sisäpintaan bitumia tai jos kellariin sijoitettiin pesutiloja, saatettiin käyttää lastuvillalevyä tai tuuletusraollista tiilimuurausta. /3, 24-27/

Ulkoseinissä sisäverhoukseen käytettiin pinkopahvia tai huokoista puukuitulevyä, joka maalattiin tai tapetoitiin. Sisäverhouksen ulkopuolella oli vaakalaudoitus, johon naulattiin kerros oksapahvia tai rakennushuopaa. Ulkoseinien runko tehtiin 2"x4" tai 2"x5" sahatavarasta, joiden väliin laitettiin lämmöneriste, joka yleisimmin oli sahanpuru. Rungon ulkopuolelle naulattiin taas rakennushuopa tai oksapahvi. Sen jälkeen asennettiin harva vinolaudoitus, johon naulattiin toinen rakennushuopa ja lopuksi pysty- tai vaakasuuntainen ulkoverhouslaudoitus tai rappaus. Väliseinät tehtiin myös rankarakenteisina ja niihin tuli molemmin puolin kerros oksapahvia tai rakennushuopaa, vaakalaudoitus sekä pinkopahvi tai puukuitulevy. /3, 24-27/

Rintamamiestaloissa ylä-, väli- ja alapohjien kantavia palkistoja ei tarvinnut laskea tapauskohtaisesti, vaan ne voitiin tarkistaa käytössä olleesta taulukosta jännevälin ja kuormituksen perusteella. Lämmöneristeenä voitiin käyttää esimerkiksi purua, sahajauhoa, sammalta, turvepehkua tai jotain muuta sopivaa ainetta. Voitiin myös käyttää kaikkia niitä sekoitettuna. Painotäyteenä käytettiin esimerkiksi muuraus- tai rappausjätteitä. Painotäyteen ja lämmöneristeen väliin laitettiin rakennuspapereita tai sanomalehtiä. /3, 24-27/

Vesikatteessa kantavina rakenteina käytettiin yksinkertaisia kattokannattajia, jotka oli tuettu ulkoseinille tai kantaville väliseinille. Vesikatemateriaalina saattoi olla päre, korsi tai olki, jotka korvattiin myöhemmin parempien materiaalien tullessa saataville. /3, 24-27/

1.1.2 Ongelmat

Huonosti rakennetut rintamamiestalot ovat ajan kuluessa jo joko perusteellisesti korjattuja tai purettuja, joten pahimmat ongelmat rintamamiestaloissa johtuvat usein ajattelemattomasti tai asiantuntemattomasti suoritetuista korjauksista. Arkkitehtoniset virheet, kuten epäsuhtaiset laajennusosat tai rakennuslevy- ja tiiliverhoukset ovat helposti havaittavissa, mutta paljon vakavampi ongelma on alkuperäisen rakenteen muutokset, jotka muuttavat rakenteen toimintaa ja saattavat aiheuttaa myöhemmin vakaviakin ongelmia asumisviihtyisyyden, asukkaiden terveyden ja rakennuksen kunnon kannalta. Kosteiden tilojen asiantuntematon korjaaminen, tuulettuviksi tarkoitettujen rakenteiden tukkiminen sekä virheelliset lisäeristysratkaisut ovat usein syynä rintamamiestalojen ongelmiin, jotka saattavat aiheuttaa vakavia laho- ja homevaurioita sekä lisätä energiankulutusta. /3, 27-29/

Rintamamiestaloissa lämmöneristysratkaisut eivät yleensä ole toteutettu yhtä hyvin kuin uudemmissa taloissa. Rakenne on ollut rakennusfysikaalisesti toimiva, mutta vanhoissa taloissa käytettyjen materiaalien eristyskyky on paljon pienempi nykyaikaisten materiaalien eristyskykyyn verrattuna. Esimerkiksi ulkoseinissä lämmöneristyskyky on niin pieni, että seinä pysyy lämpimänä koko pituudeltaan ja siihen päässyt kosteus pääsee kuivumaan, mutta tällainen rakenne ei täytä nykyisiä lämmöneristysvaatimuksia ja tuhlaa paljon energiaa. Purueristeellä on myös taipumus painua ajan mittaan, joten seinien yläosat ja ikkunoiden alareunat saattavat vanhassa rakennuksessa olla jopa täysin eristeettömiä. /3, 27-29/

Kellaritiloissa suurimpia ongelmia ovat sisäpuoliset eristykset, jotka saattavat aiheuttaa kosteus- ja homevaurioita. Kellaritiloja korjattaessa pitäisi osata ottaa huomioon seinä- ja lattiarakenteiden lisäksi myös perusmaan kosteusolot. Alapohja on usein korjattu täyttämällä koko eristystila mineraalivillalla ottamatta

kuitenkaan huomioon ilmansulkua. Alapohjarakenteen huono ilmanpitävyys on saattanut aiheuttaa vedon tunnetta, jonka on ymmärtämättömyydestä tulkittu johtuvan tuuletustilassa käyvästä ilmavirtauksesta ja siitä johtuen tuuletusaukot on tukittu aiheuttaen alapohjarakenteen vaurioitumisen riskin. Myös yläpohjassa on saatettu ilmaraot tukkia eristeellä, jolloin rakenne ei ole päässyt kuivumaan ja on aiheuttanut näin ollen home- ja lahovaurioita, jotka voivat ilmetä jo parin vuoden kuluttua korjauksesta. /3, 27-29/

1.2 Rakennuksen energiatehokkuus

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sen energiahäviöitä ja tarpeetonta energiankäyttöä voidaan rajoittaa hyvän energiatehokkuuden saavuttamiseksi. Vaikka uudet energiatehokkuuteen vaikuttavat määräykset koskevatkin lähinnä uudisrakentamista, on niitä silti hyvä käyttää korjausrakentamissuunnitelman lähtökohtana. Rakennuksen energiatehokkuus koostuu kokonaisuudesta, johon kuuluvat rakennuksen ilmatiiveys, lämmöneristys sekä ilmanvaihto. /4/

1.2.1 Hyvän talon ominaisuudet

Hyvän talon tärkeimmät ominaisuudet ovat asumisviihtyisyys, sisäilman laatu sekä rakennuksen kosteus- ja lämpöolosuhteet. Lämmitys, ilmanvaihto, kosteuden kulku rakenteissa sekä rakennuksen vaipparakenteen lämmöneristyskyky ja ilmanpitävyys vaikuttavat sen rakennusfysikaaliseen toimintaan. Niiden parantaminen lisääkin rakennuksen käyttöikää, viihtyisyyttä ja energiataloudellisuutta. Myös asukkaiden asumistottumukset vaikuttavat suuresti rakennuksen energiatalouteen. /3, 8/

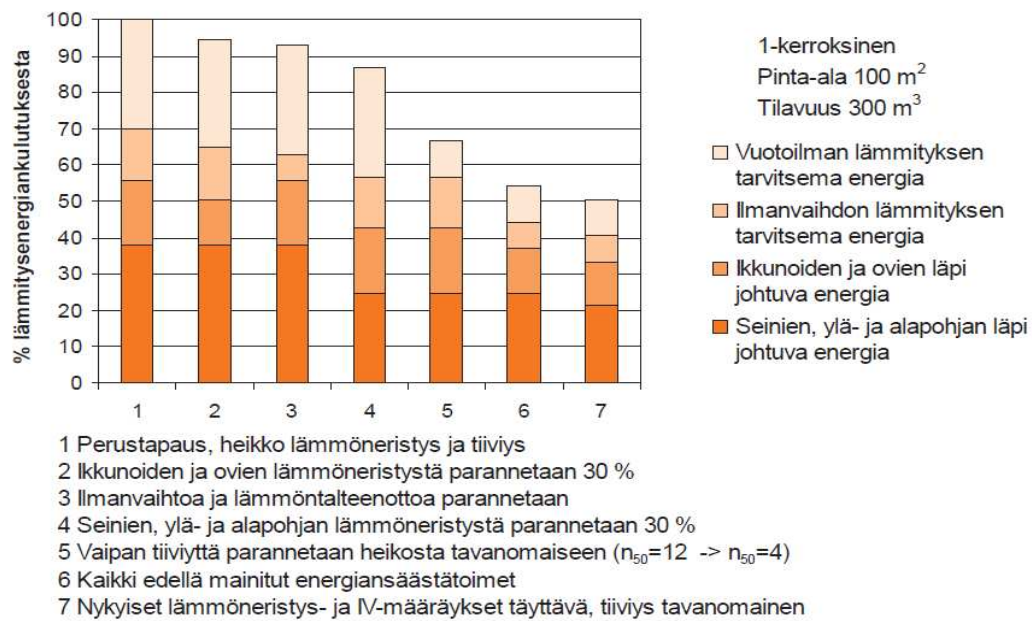
Suomi on sitoutunut Kioton sopimuksessa säästämään energiaa kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi. Suomessa rakennusten lämmitys aiheuttaa noin 30 prosenttia maan kasvihuonepäästöistä ja onkin suurin energiakulujen aiheuttaja pientaloissa. Siksi onkin tärkeää edistää energiatehokkuutta erityisesti rakennuksissa. Energiatehokkuutta parantamalla saadaan ilmastonmuutoksen

hidastamisen lisäksi myös asunnosta viihtyisämpi ja asuinkustannuksia voidaan pienentää huomattavasti. /5/

Suomessa pientalojen suurimpia lämpöhäviöiden aiheuttajia ovat väärä tai puutteellinen lämmöneristys sekä hallitsemattomat ilmavuodot rakenteiden läpi. Huono lämmöneristävyys voi tuntua esimerkiksi kylminä lattiapintoina tai vetoisuutena. Syytä lähdetään silloin etsimään helposti väärästä paikasta saamatta aikaan juurikaan parempaa tulosta. /6/

Lämpimän ja kylmän ilman välinen tiheysero aiheuttaa sen, että lämmin ilma nousee ylöspäin, jolloin kylmä ilma tuntuu juuri lattianrajassa ja usein luullaankin sen johtuvan esimerkiksi huonosta alapohjan eristyksestä. Tästä johtuen lähdetäänkin tekemään korjausta mahdollisesti toimivaan rakenteeseen tai parantamaan vain yhtä rakennusosaa energiankulutuksen pienentämiseksi. Lämmöneristävyydeltään heikoimman rakennusosan parantaminen voi vaikuttaa suuresti sisätilojen lämpötilaan ja viihtyisyyteen, mutta energiankulutuksessa lähelle nykyvaatimuksia päästään vain parantamalla rakennuksen kokonaisuutta. /6/

Lisälämmöneristystä harkittaessa on huomioitava kokonaisuus, johon kuuluvat eristys, rakennuksen vaipan tiiveys, ikkunoiden ja ovien kunto sekä ilmanvaihtojärjestelyt. Lämmityskulut voidaan pienentää jopa puoleen parantamalla rakennuksen vaipan lämmöneristävyyttä ja tiiveyttä (Kuva 1). /6/



Kuva 1. Energiakorjausten vaikutus lämmitysenergiankulutukseen. /3, 12/

1.2.2 Ilmanpitävyys

Rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttavia korjauksia suunnitellessa on selvitettävä rakennuksen ilmanpitävyys. Ilmanpitävyyden ilmoittamisessa käytetään ilmapuotolukua eli n_{50} -lukua, joka kertoo kuinka monta kertaa tunnissa koko rakennuksen ilmamäärä vaihtuu vuotokohtien kautta. Ilman tulisi ohjearvon mukaan vaihtua kokonaan kerran kahdessa tunnissa, joka vastaa silloin ilmapuotolukua $n_{50}=0,5$ l/h. /4/

Mikäli ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä, käytetään lämpöhäviön laskennassa rakennuksen vuotoilmakertoimen arvoa $n_{\text{vuotoilma}} = 0,16$ l/h, mikä vastaa ilmapuotolukua $n_{50} = 4,0$ l/h. /4/

1.2.3 Lämpöhäviöt

Rakennuksen lämpöhäviöiden selvittämiseksi kokonaisuudessaan on huomioitava rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon aiheuttamat lämpöhäviöt. /4/

Ympäristöministeriön laatiman Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaan ”Rakennuksen laskennallinen lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin rakennukselle määritetty vertailulämpöhäviö”.

Rakennuksen vaipan lämpöhäviö lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$\Sigma H_{\text{joht}} = \Sigma (U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}}) + \Sigma (U_{\text{yläpohja}} A_{\text{yläpohja}}) + \Sigma (U_{\text{alapohja}} A_{\text{alapohja}}) + \Sigma (U_{\text{ikkuna}} A_{\text{ikkuna}}) + \Sigma (U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}}),$$

jossa

ΣH_{joht} = rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö W/K
 U = rakennusosan lämmönläpäisykerroin W/(m²K)
 A = rakennusosien pinta-ala m²

Rakennuksen vuotoilman lämpöhäviö lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$H_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v,\text{vuotoilma}},$$

jossa

$H_{\text{vuotoilma}}$ = vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K
 ρ_i = ilman tiheys, 1,2 kg/m³
 c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
 $q_{v,\text{vuotoilma}}$ = vuotoilmavirta, m³/s.

josta vuotoilma $q_{v,\text{vuotoilma}}$ lasketaan kaavalla

$$q_{v,\text{vuotoilma}} = n_{\text{vuotoilma}} V / 3600$$

jossa

$q_{v,\text{vuotoilma}}$ = vuotoilmavirta, m³/s
 $n_{\text{vuotoilma}}$ = rakennuksen vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa, 1/h
 V = rakennuksen ilmatilavuus, m³
 3600 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos m³/h => m³/s

Rakennuksen ilmanvaihdon lämpöhäviö voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v,\text{poisto}} t_d r t_v (1 - \eta_a),$$

jossa

H_{iv} = ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
 ρ_i = ilman tiheys, 1,2 kg/m³

- c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
 $q_{v, poisto}$ = poistoilmavirta, m³/s
 t_d = ilmanvaihtojärjestelmän keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhte
 t_v = ilmanvaihtojärjestelmän viikoittainen käyntiaikasuhte, vrk/7 vrk
 r = muuntokerroin, joka on 1,00 ympärivuorokautisessa, 0,93 päiväaikaisessa ja 1,07 yöaikaisessa käytössä
 η_a = ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde /4/

1.2.4 Rakenteen lämmönläpäisevyys

Lisälämmöneristystä suunniteltaessa on tärkeää tietää rakenteen lämmönläpäisykerroin eli U-arvo, jota käytetään kuvaamaan eri rakennusosien lämmöneristyskykyä. Esimerkiksi seinän U-arvo saadaan siis laskemalla yhteen kaikkien rakennusosien lämmönläpäisevyys. /7/

Rakenne eristää lämpöä sitä paremmin, mitä pienempi on sen lämmönläpäisevyys. Lämmönläpäisevyys riippuu rakenteen paksuudesta ja rakenteessa käytettyjen materiaalien lämmönjohtavuusarvoista eli λ -arvosta. Rakenteen lämmönläpäisevyys ja vaipan pinta-ala vaikuttavat rakenteiden läpi johtuvan energian määrään. Lämmöneristyskyky siis paranee käyttämällä paremmin lämpöä eristäviä materiaaleja tai paksumpia eristekerroksia. Lämmöneristyskyvyn vähimmäisvaatimukset annetaan rakentamismääräyksissä, mutta energiankulutuksen ja energiataloudellisuuden kannalta on usein kannattavaa käyttää paremmin eristäviä rakenteita. /8/

Vuoden 2010 alusta astui voimaan uudet energiamääräykset. Sen perusteella rakennusosien U-arvovaatimukset ovat kiristyneet huomattavasti. Taulukossa 1 on esitettyinä vuoden 2007 rakentamismääräyskokoelman U-arvovaatimukset sekä vuoden 2010 uudet U-arvovaatimukset ja niitä vastaavat eristepaksuudet puurakenteisissa taloissa.

Taulukko 1. Vuoden 2007 ja 2010 U-arvovaatimukset ja niitä vastaavat eristepaksuudet puurakenteisissa taloissa.

Rakennusosa	RakMK 2007	Eristepaksuus mm	RakMK 2010	Eristepaksuus mm
Ulkoseinä	0,24 W/m ² K	160mm	0,17 W/m ² K	200-250mm
Yläpohja	0,15 W/m ² K	250-300mm	0,09 W/m ² K	500-600mm
Alapohja	0,24 W/m ² K	100-150mm	0,17 W/m ² K	150-200mm
Ikkunat	1,40 W/m ² K		1,00 W/m ² K	
Ovet	1,40 W/m ² K		1,00 W/m ² K	

2 KOHDE

Kohde on 1970-luvulla rakennettu asuinkäyttöön suunniteltu 1,5-kerroksinen rankarakenteinen rintamamiestalo. Rakennus sijaitsee Keski-Suomessa maaseutualueella ja on tyypilliseen tapaan sijoitettu lievästi kohoavaan maastokohtaan. Rakennus on tälläkin hetkellä asuinkäytössä.

2.1 Rakenne

Kohde on rakenteeltaan ja tyyliltään tyypillisen rintamamiestalon tapainen. Huoneet on sijoitettu rakennuksen keskiosassa sijaitsevan savupiipun ympärille niin, että pohjakuva on neliömäinen. Huonejakoa on muutettu paljon alkuperäisestä mallista, ja nykyään se sisältääkin eteisen ja eteiskäytävän, kolme makuuhuonetta, tupakeittiön sekä pesu- ja saunatilat. Rakennuksen ulkomuoto on nähtävissä kuvassa 2.



Kuva 2. Kohderakennuksen julkisivu.

Kohderakennus on harjakattoinen. Ullakkotilat olivat eristetilaa, joka myöhemmin muutettiin osittain asuintiloiksi. Ullakkotilat ovat kuitenkin jääneet myöhemmin

täysin käyttämättömiksi, joten portaat ullakkotiloihin poistettiin alakerran tilan lisäämiseksi, eikä pääsyä ullakkotiloihin sisäkautta enää ole.

Rakennuksen ulkoseinät ovat rankarakenteisia ja eristeenä niissä on käytetty sahanpurua noin 150 mm paksuudelta. Ulkoverhouksena on käytetty vaakasuuntaista verhouslaudoitusta.

Alapohjarakennetta on osittain muutettu aikaisemmissa korjaustöissä. Niiltä osin rakennusta, mistä ei lattiaa ole tarvinnut purkaa, on vielä vanhaa rakennetta. Osaan lattiasta on kuitenkin jälkeempään lisätty lattialämmitys tai vaihdettu pintamateriaali toiseen, jolloin on lattiaa jouduttu avaamaan ja samalla saatettu tehdä korjauksia vanhaan rakenteeseen.

Kuvassa 2 näkyvä laajennusosa on rakennettu 90-luvulla eteishuoneeksi. Aiemmin sen tilalla on ollut kylmä kuisti. Laajennusosa on rakennettu käyttäen samoja rakenneratkaisuja kuin alkuperäisissä rakennusosissa.

Talo on rakennettu sähkölämmitteiseksi, mutta lisäksi jokaisessa huoneessa on ollut pönttöuuni tai puuhella. Taloon asennettiin vesikiertoinen lämmitys vuonna 1994. Vanhat lämmitysjärjestelmät, yhtä puuhellaa ja pönttöuunia lukuunottamatta, poistettiin korjauksen yhteydessä. Niitä lämmitetään talvisin kovilla pakkasilla tai sähkökatkon aikaan. Keskuslämmityskattila on sijoitettu rakennuksen kellariin ja se lämmittää rakennuksen sisäilman ja käyttöveden. Kellarikerrosta käytetään kylminä varastotiloina.

2.2 Korjaustarpeen arviointi

Kohteena olevan rakennuksen korjaustöiden tavoitteena on lämmityskulujen alentaminen, viihtyisyyden parantaminen sekä samalla ympäristöhaittojen vähentäminen mahdollisimman helposti ja edullisesti. Korjaustöiden suorittamisen täytyy myös olla säästösyistä ainakin osittain mahdollista suorittaa ilman ulkopuolista työvoimaa. Korjaustarpeen arvioinnin lähtökohtana käytetään käyttäjän kokemusta.

Lokakuussa 2010 mitattu sisälämpötila olohuoneessa oli 18°C, ulkolämpötilan ollessa -2°C. Yleinen oletamus sopivalle sisälämpötilalle on noin 21°C, jotta ihminen tuntisi olonsa viihtyisäksi. Lämpötila saattaa tosin vaihdella mieltymysten mukaan. Vaikka sisätiloissa mitattu lämpötila olisikin sopiva, huoneet tuntuvat silti helposti kylmiltä ja vetoisilta.

Rakennuksen eri osien U-arvot on laskettu Doftech-ohjelmalla ja tulokset ovat nähtävissä liitteissä. Tulosten perusteella voidaan päätellä, että rakennus ei täytä nykyaikaisia U-arvovaatimuksia ja kuluttaa siksi turhaa lämpöenergiaa. Myös sisäilman vetoisuus viittaa siihen, että rakennuksessa on havaittavissa hallitsemattomia ilmavuotoja rakenteiden läpi. Talossa on suoritettu lämpökamerakuvaus ja sen perusteella olohuoneen ja makuuhuoneen välillä olevassa nurkassa on selkeä lämpövuoto. Näiden tietojen perusteella olisi syytä harkita rakennuksen tiiveyttä sekä lämmöneristystä parantavia toimenpiteitä.

Kohderakennukseen on tehty vuosien saatossa useita eri korjauksia. Huonejärjestystä on muutettu useampaan kertaan ja kosteiden tilojen paikan vaihtuessa on myös osittain rakenteita jouduttu muuttamaan, jolloin on voitu aiheuttaa vahinkoja rakenteen toimivuudelle. Olisi siis aiheellista tutkia eri rakennusosien kosteustekninen toimivuus erityisesti niiltä osin, missä muutoksia on tehty ja tarvittaessa lisäeristystöissä korjattava. Erityisesti ulkoseinissä oleva purueriste on todennäköisesti myös painunut ajan mittaan jättäen eristeettömiä kohtia, jotka olisi hyvä korjaustöitä suoritettaessa tarkastaa ja korjata. Ulkopuolisesti tarkasteltuna ei silmin havaittavia kosteuden aiheuttamia ongelmia missään osassa talon rakennetta ole. Varsinaiset pilaantuneet rakennusosat, jos sellaisia on, näkee vasta mahdollisen korjaustyön yhteydessä.

Ilmanvaihto rakennuksessa on järjestetty koneellisella ilmanvaihtojärjestelmällä. Koneelliset ilmanvaihtojärjestelmät on sijoitettu eteiseen ja pesutiloihin. Pesutilojen ilmanvaihto käynnistyy pesutiloissa sijaitsevasta katkaisijasta, joten se on useimmiten käynnissä ainoastaan silloin, kun pesutilat ovat käytössä. Eteisen ilmanvaihtojärjestelmä olisi tarkoitus olla käynnissä pienellä teholla jatkuvasti mutta rakennuksen omistajalla ei ollut varmuutta sen toiminnasta. Sisäilman

laadussa ei kuitenkaan ole huomattavia ongelmia eli ilma tuntuu suhteellisen raikkaalta, mutta olisi syytä silti varmistaa ilmanvaihtojärjestelmän tarkoituksenmukainen toimivuus ja riittävyys.

Lämmitykseen kohderakennuksessa kulutetaan noin 30-50 m³ pienittyä puuta vuodessa. Taloa täytyy lämmittää talvisin kerran päivässä ja kesäisin noin 1-2 kertaa viikossa sopivan käyttövesi- ja huonelämpötilan saavuttamiseksi. Tavoitteena olisi selvittää tarvitaanko tehokkaampaa lämmitysjärjestelmää sekä voidaanko lämmityskuluja vielä pienentää.

Kosteus- tai lahovaurioita ei ole koskaan aiempien korjausten aikana havaittu, joten voidaan olettaa, että aiempi rakenne on ollut kosteusteknisesti toimiva. Mikäli tulevaisuudessa mahdollisissa korjaustöissä tällaisia ongelmia kuitenkin havaitaan, on ne syytä korjata.

3 LÄMMÖNERISTYS

Rintamamiestaloa lisäeristettäessä on erittäin tärkeää huomioida kosteusteknisyys, ettei rakenteen kosteusteknistä toimivuutta muuteta korjaustöitä suoritettaessa. On siis syytä perehtyä hyvin korjattavan rakenteen toimintaperiaatteeseen ennen töiden aloittamista. Pienikin väärä muutos saattaa aiheuttaa vakavia home- ja lahovaurioita. Korjaustöissä olisi suositeltavaa käyttää samaa työtapaa ja materiaaleja, joita on käytetty vanhassakin rakenteessa, jotta rakenteen kosteusteknisyys säilyisi. /9/

3.1 Ulkoseinät

Ulkoseinien lisäeristäminen ei yleensä ole taloudellisesti kannattavaa, sillä siitä saatava energiansäästö on melko pieni. Lisäeristystä kannattaa kuitenkin harkita jonkin muun toimenpiteen yhteydessä, jos esimerkiksi ulkovuoraus joudutaan uusimaan. Ulkoseinien ulkopuolisessa lisäeristyksessä on kuitenkin otettava huomioon esteettiset ongelmat, sillä se saattaa pilata rakennuksen ulkonäön. Seinäpaksuuden kasvaessa räystäät saattavat jäädä liian lyhyiksi ja ikkunat syvennyksiin. /9/

3.1.1 Ulkopuolinen lisäeristäminen

Ulkoseinien ulkopuolinen lisäeristäminen on yleensä kohtuullisen helppoa, sillä se ei yleensä vaadi mitään erityistoimenpiteitä. Uudet eristeet läpäisevät hyvin vesihöyryä ja rakenne tuulettuu edelleen riittävästi ulospäin, jolloin kosteus ei pääse tiivistymään rakenteen sisään ja aiheuttamaan vaurioita ja näin ollen rakenteen toimivuus säilyy. Samalla saadaan yhtenäinen eristevaippa koko talon ympärille. Ulkopuolisessa eristyksessä rakennuksen ulkonäkö kuitenkin muuttuu seinäpaksuuden kasvaessa. /6/

Kun lisäeristystä aletaan suorittaa, täytyy tarkastaa julkisivuverhouksen kunto. Lahot verhoukslaudat täytyy vaihtaa uusiin tai tarvittaessa uusia koko julkisivuverhous. Julkisivuverhous puretaan tuuletusväliin saakka. Alusrakenteiden kunto on syytä samalla tarkastaa ja korjata vahingoittuneet osat

tai korvata kokonaan uusilla vastaavilla. Ennen eristeen lisäämistä on myös tarkistettava, että alusrakenteet ovat kuivia. Samalla olisi myös hyvä tarkistaa vanhan purueristeen kunto ja tarvittaessa lisätä purua, mikäli vanhan purun painuminen on aiheuttanut eristeettömiä kohtia seinään. /10/

Purkamisen jälkeen alustan suoruus tarkistetaan ja epätasaisuudet oikaistaan tarvittaessa puukoolauksella. Vanhaan runkoon kiinnitetään pystysuora puukoolaus, jonka suoruus tarkistetaan vielä kiinnityksen jälkeen. Jos koolausta on tarvetta suoristaa, se voidaan tehdä esimerkiksi puukiiloilla. Sen jälkeen lisälämmöneristeet asetellaan tiiviisti koolauksen väliin vanhaa seinäpintaa vasten ja koolauksen päälle kiinnitetään tuulensuojalevy. Saumakohtat voidaan tarvittaessa tiivistää esimerkiksi kitillä. Lämmöneristeet tulee suojata kosteudelta koko korjauksen ajan. /10/

Ulkoverhouslautojen alle jätetään yhtenäinen tuuletusväli naulaamalla pystysuuntaiset naulauspuut kiinni koolaukseen. Vaakasuuntainen verhouslaudoitus kiinnitetään naulauspuiden päälle joko pontti- tai limilaudoituksena. Laidoitus aloitetaan mahdollisimman pitkällä ja suoralla laudalla, joka ulotetaan perustusten päälle 20 mm ja ulkopuolelle noin 25 mm ja työn edetessä vaakasuoruus on hyvä tarkistaa riittävän usein, jotta verhouslaudoitus pysyy suorana. Kun laudoitus on kiinnitetty kokonaan, se maalataan ulkomaalilla. Maalauksen jälkeen rakennuksen ulkonurkkiin kiinnitetään nurkkalaudat sekä ikkuna- ja oviaukkoihin pieli- ja vuorilaudat. /10/

3.1.2 Sisäpuolinen lisäeristäminen

Mikäli seinäpaksuuden muuttuminen on ongelma rakennuksen ulkonäölle, voidaan harkita sisäpuolista lisäeristämistä. Sisäpuolisessa eristämisessä kuitenkin on oltava tarkkana, sillä asiantuntemattomasti suunniteltu ja suoritettu sisäpuolinen lisälämmöneristys saattaa muuttaa rakenteen toimintaa ja näin aiheuttaa vakavia home- ja lahovaurioita. Hyvänä perussääntönä voidaan pitää, että rakenteen tulee harveta sisältä ulospäin mentäessä, eli sisäpuolella on tiiveimmät ja ulkopuolella läpäisevämmät rakenteet. /11/

Tiivis höyrynsulku on sisäpuolisessa lisäeristämisessä yleensä tarpeellinen, sillä se estää sisäpuolella syntyneen kosteuden kulkeutumisen rakenteeseen ja parantaa samalla myös rakenteen lämmöneristävyyttä. Purueristeen päälle tehtävä lisäeristys ja höyrynsulkumuovi ovat toimiva ratkaisu, mikäli vanhaan rakenteeseen ei jää tiivistäviä kerroksia. /6/

Sisäpuolinen lisäeristäminen aloitetaan poistamalla vanha sisäverhous sekä höyrynsulku. Samalla voi halutessaan vaihtaa vanhan purueristeen uuteen, jos se on huonokuntoista tai painunutta. Purkamisen jälkeen naulataan vanhan rakenteen päälle uusi koolaus. Lisälämmöneriste, esimerkiksi eristyslevy, asetellaan tiiviisti koolauksen väliin koko eristettävän tilan laajuudelta. Eristeen päälle asennetaan höyrynsulku ja saumat tiivistetään esimerkiksi saumausteipillä. Sen jälkeen asennetaan sisäverhous, esimerkiksi levyt tai paneeli. /12/

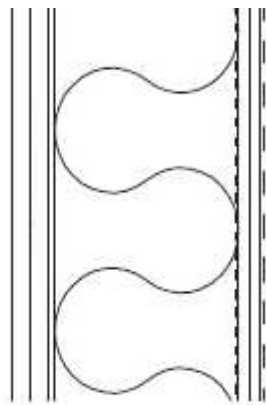
3.1.3 Vanhan eristeen vaihtaminen

Vanhan purueristeen vaihtaminen on hyvä vaihtoehto erityisesti silloin, jos vanha eriste on huonokuntoista tai painunutta. Vanhan eristeen vaihtaminen nykyaikaiseen vaihtoehtoon parantaa jo huomattavasti ulkoseinän eristävyyttä, eikä seinäpaksuuskaan muutu. /6/

Vanhan eristeen vaihtaminen tehdään yleensä ulkopuolelta mutta se voidaan tehdä myös sisäpuolelta. Seinän vanhat rakenteet on purettava eristeeseen asti, jonka jälkeen vanha eriste voidaan poistaa käsin tai esimerkiksi puruimurilla. Vanhan eristeen tilalle asennetaan uusi eriste tiiviisti välttäen jättämästä ilmarakoja eristeiden väliin. Eristeen sisäpintaan asennetaan tiivis höyrynsulku ja sen jälkeen seinään kiinnitetään vinolaudoitus ja ulkoverhous. /12/

3.1.4 Kohteen ulkoseinät

Kohteen ulkoseinärakenne on esitetty kuvassa 3. Ulkoseinärakenne on ulkoa sisäänpäin katsottuna seuraavanlainen:



- Ulkoverhouslauta, vaaka 1"
- Vinolaudoitus 1"
- Tervapahvi
- Rankarakenne, pysty 2" x2" sekä 2" x4", välissä purutila
- Tervapahvi
- Vinolaudoitus 1"
- Lastulevy

Kuva 3. Ulkoseinärakenne

Doftech ohjelmalla laskettuna kohteen ulkoseinän U-arvoksi saadaan 0,33 W/m²K, nykyisen vaatimuksen ollessa 0,17 W/m²K. Puru on todennäköisesti ajan saatossa painunut aiheuttaen eristeettömiä kohtia seinien yläosiin ja ikkunoiden alle. Myös, jos puru on päässyt kastumaan, sen lämmöneristys on heikompi.

Ulkoverhouslaudoitus kohteessa on vielä hyväkuntoinen, joten se ei tarvitse vaihtamista. Jos lisäeristystä kuitenkin lähdetään tekemään, kannattaa vanha purueriste vaihtaa samalla toiseen. Purueristeen voi korvata esimerkiksi vuorivillalla, jonka lämmöneristävyys on purua huomattavasti parempi. Lisäeristeeksi seinään tulee 50 mm paksu tuulensuojavilla. Tuulensuojan ja ulkoverhouksen väliin jätetään tuuletusväli. Seinän uudeksi U-arvoksi saadaan näin 0,16 W/m²K, joka täyttää nykyiset U-arvovaatimukset.

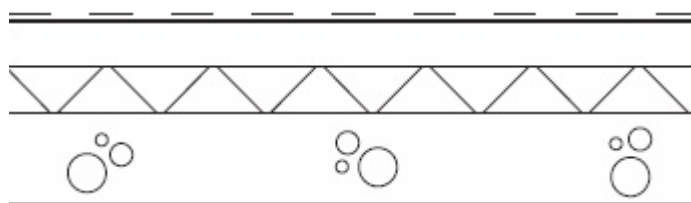
3.2 Alapohja

Vanhoissa taloissa hyvin yleinen ongelma on lattian vetoisuus. Useimmiten erityisesti purueristeisessä rakennuksessa, syynä on vanhan eristeen painuminen niin, että kylmä ilma pääsee virtaamaan lattialaudoituksen ja eristeen välissä.

Myös alapohjan ja ulkoseinien liittymät saattavat olla epätiiviitä, jolloin niistä pääsee virtaamaan ilmaa aiheuttaen vedon tunnetta. /13/

Kohderakennuksen alapohjan U-arvo on $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vuoden 2010 U-arvovaatimus alapohjalle on $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Osassa lattiaa on käytetty lämmöneristeenä villaa ja vanhoissa osissa, joissa ei lattiaa ole aiempien korjausten yhteydessä tarvinnut avata, on vielä purua. Suurin ongelma lattiassa on, että sen vanha purueriste on vuosien saatossa todennäköisesti painunut aiheuttaen ilmavirtauksia eristeen ja laudoituksen välissä tuntuen näin ollen kylmältä.

Kuvassa 4 esitetty alkuperäinen alapohjarakenne on hyvin tyypillinen rintamamiestaloille. Kellarin katossa on noin 100 mm paksu betoni, jonka päällä on 300 mm korkea eristetila. Eristeenä on käytetty kutteripurua. Eristetilan päälle on kiinnitetty pontattua lankkua niiltä osin, mistä ei ole tarvinnut aiemmissa korjauksissa lattiaa purkaa. Pintamateriaalina on käytetty joko muovimattoa tai laminaattia. Kohdissa, missä lattiarakennetta on muutettu, on purun päälle laitettu lisälämmöneristeeksi kerros villaa ja eristetilan päälle on kiinnitetty pontattua lastulevyä.



Kuva 4. Alapohjarakenne

Lattian lisäeristäminen on niin suuri työ, että vanha purueriste kannattaa korvata toisella. Mikäli villa on tarpeeksi hyväkuntoista uudelleen käytettäväksi, kannattaa koko lattian alueelle lisätä samaa villaeristettä. Se parantaa lattian lämmöneristävyyttä ja pysyy paremmin painumattomana. /13/

Alapohjan korjaustyö edellyttää lattian pintarakenteen purkua. Ensin lattian pintamateriaali ja lastulevyt irrotetaan kaikkialta muualta paitsi

lattiaämmitysalueilta. Sen jälkeen vanha purueriste poistetaan esimerkiksi puruimurilla. /13/

Eriste asetellaan tiiviisti rakenteeseen niin, että niiden saumakohtiin ei jää rakoja. Lämmöneristysten päälle asennetaan tiivis ilman- tai höyrynsulkukerros, joka kiinnitetään tiiviisti seinärakenteen vastaavaan kerrokseen niin, että se limittyy saumoistaan ja seinien vierustoilla 100mm. Höyrynsulun tulee olla ehdottoman ehjä ja tiivis, joten jos muovissa on reikiä, ne voidaan paikata höyrynsulkuteipillä. /12/

Uuden villaeristeisen lattiarakenteen U-arvoksi tulee Doftechillä laskettuna 0,170 W/m²K, eli uusi rakenne täyttää vuoden 2010 U-arvovaatimukset alapohjan osalta.

3.3 Yläpohja

Yläpohjan lisäeristys on yleensä kustannustehokkainta. Jos yläpohjassa on tilaa, kannattaa eristys aloittaa sieltä. Yläpohja muodostaa rakennuksen suurimman yhtenäisen pinnan ja kaikesta talon ulkovaipan kautta karkaavasta lämmöstä suurin osa pyrkii ulos juuri katon läpi, jonka vuoksi yläpohjan lisäeristämistarve kannattaa tarkistaa ensimmäiseksi. Yläpohjassa lisäeristysten kustannukseksi jää yleensä pelkästään lämmöneristys. Tehokkaat eristepaksuudet yläpohjassa ovat vähintään kaksinkertaisia esimerkiksi seiniin verrattuna. /12/

Vuoden 2010 alussa voimaan tulleen uuden rakentamismääräyksen mukaan yläpohjan minimi U-arvovaatimus on 0,09 W/m²K, joka tarkoittaa noin 400-600 mm eristepaksuutta riippuen eristemateriaalista. Aiemmin vaatimus oli kuitenkin huomattavasti alhaisempi, joten vanhoissa rakennuksissa yläpohjan eristepaksuus saattoi olla vain 100 mm. Ilmavuotojen havaitseminen yläpohjassa on kuitenkin vaikeampaa, koska ne eivät samalla tavoin aiheuta vedon tunnetta kuin lattian ilmavuodot. /15/

3.3.1 Vaakasuuntaisen yläpohjan lisäeristäminen

Jos rakennuksen ullakkotilat eivät ole käytössä, lisäeristys on helppo toteuttaa kasvattamalla eristepaksuutta. Lisäeristäminen on tällaisessa tapauksessa yleensä myös suhteellisen edullista. Vanhan purueristeen päälle voidaan lisätä haluttu määrä eristettä. Jos kattokorkeus ei ullakkokerroksessa riitä halutulle määrälle eristettä, kannattaa vanha purueriste poistaa ainakin osittain ja korvata tehokkaammalla eristeellä. /14/

Vaakasuuntainen yläpohjan lisäeristys on lähes aina toimiva ratkaisu, kunhan lisäeristystyötä suoritettaessa huolehditaan siitä, ettei vahingossa tukita yläpohjarakenteen tuuletusaukkoja. Vanha eriste pääsee kuivumaan helposti sekä lämmöneristävyys ja paloturvallisuuskin paranevat. /14/

3.3.2 Vinon yläpohjan lisäeristäminen

Mikäli rintamamiestalon ullakkotilat on otettu käyttöön, on lisäeristys suoritettava vinon kattorakenteen suuntaisesti. Eristepaksuudessa saattaa silloin olla rajoitteita ullakkotilojen huonekorkeudesta riippuen. /14/

Vinossa yläpohjassa on erittäin tärkeää huolehtia riittävästä tuuletuksesta sekä höyrynsulun huolellisesta asentamisesta ja tiivistämisestä. Ilmatiivis kerros on aina sijoitettava lähelle rakenteen sisäpintaa, jotta se ei estäisi rakenteen sisään päässeän kosteuden kuivumista. Mikäli katon lämmöneristyskerros on huonokuntoista ja edellyttää lämmöneristysten vaihtamista, tulee höyrynsulun kunto tarkastaa ja korjata. /14/

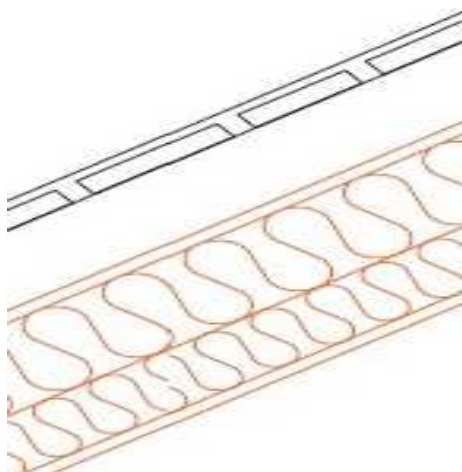
Vinokattoisessa rakennuksessa eristeen päälle tulisi saada hyvä ja yhtenäinen tuulensuoja, jonka yläpuolelle jätetään avoin tuuletusrako. Vanhan eristeen kunto kannattaa tarkastaa lisäeristystyön yhteydessä ja vanha eriste kannattaa poistaa, jos se on pilaantunut tai rakennepaksuus ei salli katon lisäeristämistä. Yläpuolista lisäeristämistä suorittaessa on aina huolehdittava vanhan rakenteen riittävästä höyry- ja ilmatiivyydestä. Mikäli vesikaton uusiminen on tarpeen, voidaan samalla nostaa kattokorkeutta, jolla saadaan myös lisää tilaa katon lisäeristystä varten. /13/

Vinoa yläpohjaa lisäeristettäessä, vanhat rakenteet puretaan eristeeseen asti kokonaan. Sen jälkeen voidaan lisätä haluttu määrä lisäeristettä ja tarvittaessa korvataan vanha eriste uudella. Eristeen asennuksen jälkeen kiinnitetään lisäeristeen päälle tuulensuojalevy, jonka päälle tulevat vesikattorakenteet. Tuulensuojalevyn ja vesikattorakenteen väliin on jätettävä vähintään 50mm, mieluiten 100mm korkea tuuletusväli, jotta rakenne pääsee tuulettumaan kunnolla. Jos lisäeristys tehdään yläpohjan alapuolelta, lisäeristeen alle kiinnitetään höyrynsulku ja harvalaudoitus, johon kiinnitetään sisäverhous. /14/

3.4 Kohteen yläpohjan lisäeristäminen

Kohderakennuksen vesikate on hyväkuntoinen, joten sitä ei ole tarpeellista vaihtaa. Näin ollen katon yläpuolinen lisäeristäminen ei ole järkevää. Käytöstä poistetut ullakkotilat antavat kuitenkin hyvät mahdollisuudet yläpohjan lisäeristämiseksi, sillä eristepaksuudelle ei ole juurikaan rajoitteita.

Kuvassa 5 esiintyvä kohteen kattorakenne on ylhäältä alaspäin seuraavanlainen:



- Vesikate alusrakenteineen
- Laudoitus
- Tuuletusrako 100 mm
- Mineraalivilla 100 mm
- Höyrynsulku
- Gyproc-levy

Kuva 5. Kohteen yläpohjarakenne

Ullakkotilojen huonekorkeus on matalimmassa kohdassa eli seinien vieressä 110 cm ja korkeimmassa kohdassa eli keskellä huonetta 168 cm. Koska ullakkotilat eivät enää ole käytössä, ei lisäeristyksen paksuudelle ole juurikaan rajoitteita. Mineraalivillaa siis voidaan lisätä esimerkiksi 400 mm paksuudelta, jolloin

yläpohjan uudeksi U-arvoksi saadaan 0,09 W/m²K, joka täyttää nykyiset vaatimukset.

3.5 Kosteat tilat

Kohteen kosteiden tilojen viimeisin korjaus on suoritettu vuonna 2005, jolloin tiloja suurennettiin ja muutettiin paremmin käyttötarkoituksiin sopiviksi. Kosteiden tilojen lämmitysjärjestelmänä käytetään lattialämmitystä. Kosteiden tilojen nykyisestä rakenteesta ei täyttä varmuutta ole, joten niiden rakenneselostukset perustuvat osittain olettamuksiin ja omistajan muistiin.

Kosteiden tilojen lattioiden rakenteeseen kuuluu betonilaatta, jonka päälle on asennettu 20 cm paksu kerros EPS-eristettä ja uretaania lämmöneristeeksi. Lämmöneristeen päällä on 50 mm paksu kerros betonia, johon lattialämmityspotket on asennettu. Betonikerroksen päälle on asennettu vedeneristys ja pintamateriaalina on käytetty keraamista laattaa.

Seinät on purueristeestä sisäänpäin katsottuna vinolaudoitus, jonka päälle asennettu kovalevy. Kovalevyn päälle on asennettu rimoitus seinän epätasaisuuksien oikomiseksi ja sen jälkeen kiinnitetty Gyproc-levyä kaksi kerrosta. Gyproc-levyjien päälle on asennettu kosteuseriste ja pintamateriaaliksi keraamista laattaa.

Kosteiden tilojen kattona oli alun perin vanha paneelikatto, jota ei korjauksien yhteydessä purettu, vaan uudet rakenteet asennettiin suoraan vanhan rakenteen pintaan. Vanhan paneelin alapintaan on asennettu kosteussulku ja sen jälkeen rimoitus. Rimoituksen päälle on asennettu kuultomaalattua paneelia.

Kosteiden tilojen rakenteet eivät muutu korjauksissa. Ulkoseinien eristeen vaihdossa on kuitenkin muistettava huolellinen höyrynsulun asennus sekä riittävä tuuletus, jotta rakenne toimisi edelleen kosteusteknisesti oikein. /6/

3.6 Sokkelin lisäeristäminen

Kohderakennuksen sokkelin lisäeristäminen on suositeltavaa erityisesti lattianrajan vetoisuuden vähentämiseksi sekä tiiveyden parantamiseksi.

Sokkeliä lisäeristämällä voidaan pienentää rakennuksen lämpöhukkaa ja pitää seinän alanurkan lämpötila korkeamana. Ilmavuotoja kulkeutuu hyvin usein juuri alanurkkien läpi aiheuttaen vedon tunnetta ja sen lämpötila saattaa laskea jopa niin alas, että syntyy kosteuden tiivistymisen vaara. /16/

Sokkelin lisäeristystä lähdetään tekemään poistamalla ensin maata sokkelin vierestä noin 0,5 m syvyydeltä. Vanha sokkeli puhdistetaan ja sen pinta tasoitetaan tarvittaessa. Eriste kiinnitetään sokkelin pintaan eristekiinnikkeillä niin, että eriste liittyy tiiviisti yläpuolella olevaan koolauspuuhun. Eristeen pintaan kiinnitetään rappausverkko, johon tehdään rappaus aina yläpuolen koolauspuusta aivan eristeen alareunaan asti. /17/

4 VAIPAN TIIVEYS

Hyvin ilmanpitävillä vaipparakenteilla voidaan saada aikaan yli 25 % säästö lämmitysenergiaan. Asuinrakennuksen tiiveyden kannalta kriittisiä kohtia ovat useimmiten nurkat sekä ikkunoiden ja ovien liittymät. Ikkunoiden uusiminen ja korvausilman saannin varmistaminen hallitusti, parantaa yleensä rakennuksen vaipan tiiveyttä olennaisesti. Korjauksessa, erityisesti jos vanhat eristeet jätetään paikoilleen, on tarpeen varmistaa lämpökuvauksella, ettei haitallisia ilmavuotoja ole. Tarvittaessa tiivistetään vanhat rakenteet, erityisesti saumat ja rakenneliittymät. /3. 10/

Rakennuksen lämmöneristävyys paranee suunnitellusti vain, jos kiinnitetään huomiota rakennuksen vaipan ilmanpitävyyteen. Ilmanpitävyyden kannalta kriittisiä kohtia ovat rakenneosien liitoskohdat, läpiviennit sekä ovien ja ikkunoiden liitokset. Siksi niiden huolellinen ja toimiva suunnittelu on tärkeää hyvän ilmanpitävyyden saavuttamiseksi. /3/

Tiiviyden varmistaminen on erityisen tärkeää, mikäli vanhat lämmöneristeet jätetään uuden rakenteen alle. On tärkeää varmistaa, ettei korvausilmaa korjauksen jälkeen imetä vanhan eristetilän kautta. Tiiviyttä voi parantaa myös varmistamalla lisäeristuksen asianmukainen asennus. Väärin tai puutteellisesti asennettu lisäeristys vaikuttaa ulkovaipan lämpötekniiseen toimivuuteen ja voi myös aiheuttaa kosteusteknisiä ongelmia. /18/

Energiatehokkaassa talossa ilmatiiveyden tulisi olla enintään 1,0 l/h. Kohderakennuksen ilmatiiveyttä ei ole koskaan varmennettu, joten sen ilmatiiveyden arvoksi oletetaan 4,0 l/h. /4/

4.1 Ikkunat ja ovet

Ikkunoiden ja ovien kriittisiä kohtia ovat usein karmin ja seinä rakenteen sekä karmin ja puitteen liitokset, joiden tiiviyttä parantamalla koko rakenteen lämmöneristävyys paranee. Ikkunan lasiosan lämmöneristävyttä voidaan

parantaa esimerkiksi lisälaseilla, pinnoituksella ja umpiolasielementeillä. Ikkunat voidaan tiivistää tilkitsemällä puitteiden raot ja peittämällä ne liimapaperilla. /20/

Ikkunoiden lämmöneristävyys tulisi olla luokkaa $0,8 - 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vanhoissa taloissa on usein käytetty 2-lasisia ikkunoita, joiden lämmönläpäisevyys on lähes kolminkertainen uudempiin verrattuna. Ikkunan sisäpinnan matala lämpötila voi myös aiheuttaa vedon tunnetta. Suuria ikkunapintoja kannattaa välttää ja ne kannattaa suunnata etelään päin, jotta niiden kautta pääsisi auringonvaloa sisälle antamaan valoa ja lämpöä. /19/

Kohteen ikkunat on vaihdettu vuonna 1995 kolmilasisiin Tiivi-ikkunoihin. U-arvoltaan ikkunat ovat $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, joten ne eivät aivan täytä nykyisiä ikkunoiden U-arvovaatimuksia. Ulko-ovi on vuonna 1995 valmistettu erikoisvalmisteinen lämpöovi, joten sekään ei luultavasti täytä nykyisiä vaatimuksia. Ikkunat ja ovet ovat kuitenkin hyväkuntoiset, joten niiden vaihtaminen ei ole kannattavaa. Lisäeristystöiden yhteydessä olisi kuitenkin hyvä tarkistaa puitteiden tiiveys ja tarvittaessa tiivistää ja tukkia puitteiden raot esimerkiksi uretaanilla. /19/

4.2 Höyrynsulku

Höyrynsulku kiinnitetään kantaviin palkkeihin pituus- tai poikkisuunnassa alhaalta alkaen. LVI-putkien ympärille voidaan asentaa läpivientikaulukset ennen höyrynsulun asentamista, jotta höyrynsulku saadaan myös läpivientien kohdalle asennettua tiiviisti. Talon päädyissä höyrynsulku jätetään hieman mutkalle painumisvaran takia ja nurkissa höyrynsulku laskostetaan ja niiden saumat tiivistetään esimerkiksi tiivistysteipillä ilmatiiviiksi liitokseksi. Yläkerran höyrynsulku tuodaan välipohjan läpi ja kiinnitetään alakerran höyrynsulkuun ja tiivistetään toisiinsa tiivistysteipillä. /20/

5 SÄHKÖNKULUTUS

Kohteessa sähkönkulutuksen suuruus on vuosittain noin 6000 kWh. Sähköä kuluu paljon erilaisiin kodinkoneisiin ja elektronisiin laitteisiin, kuten tietokoneisiin, jotka ovat paljon käytössä. Tontilla on myös erillisiä ulkorakennuksia, jotka kuluttavat sähköä ollessaan käytössä.

Energiankäytön suuruuteen vaikuttavat eniten asukkaiden asenteet, mieltymykset ja käyttötottumukset. Jokaisen asukkaan on tehtävä osuutensa energian säästämiseksi esimerkiksi sammuttamalla tarpeettomat valot ja laitteet. Energian säästämiseksi tehtävät toimenpiteet voi tehdä järkevästi rajoittamatta normaalia elämää. /21/

5.1 Valaistus

Olennaista energiatehokkuuden parantamisessa on, että valaistusta käytetään vain siellä, missä sitä tarvitaan ja vain silloin, kun sitä tarvitaan. Energiansäästölamppujen vaihtaminen tavallisten hehkulamppujen tilalle säästää reilusti sähköä. Energiansäästölamput ovat hinnaltaan kalliimpia kuin tavalliset hehkulamput, mutta niiden käyttöikä on jopa 6 kertaa pidempi. Näin ollen energiansäästölamput käyttökustannukset ovat lopulta pienemmät kuin hehkulamput. Ulkovalaistus olisi hyvä toteuttaa hämäräkytkimen ja liikkeentunnistimien avulla. Kannattaa myös harkita loistelamppujen käyttöä hehkulamppujen sijaan, sillä ne jakavat valoa tasaisemmin koko huoneeseen, eivätkä kuluta niin paljon sähköä. /21/

5.2 Kodinkoneet ja laitteet

Sähkönkulutuksen vähentämiseksi on hyvä valita energiataloudellisimmat kodinkoneet ja laitteet. Aluksi kannattaa miettiä tarkoin, mitä ja millaisia kodinkoneita todella tarvitsee ja niistä valita energiamerkinnältään parhaat vaihtoehdot. /21/

Elektronisissa laitteissa, kuten esimerkiksi televisioissa, suurin osa sähkönkulutuksesta syntyy niiden ollessa valmiustilassa. Siksi

elektroniikkalaitteet on syytä sammuttaa kokonaan käytön jälkeen. Erityisesti tietokoneet on tärkeä sammuttaa välittömästi käytön jälkeen, sillä ne kuluttavat paljon sähköä. /21/

5.3 Asukkaiden asumiskäyttäytyminen

Keittiössä sähköä kuluu eniten ruoan valmistukseen, säilytykseen ja astianpesuun. Ruokaa valmistettaessa voi energiaa säästää käyttämällä aina oikean kokoista keittolevyä ja keittää aina kansi päällä. Tehoa olisi syytä myös aina säätää pienemmälle kiehumisen alettua. Myös uunin jälkilämpö kannattaa pyrkiä hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti. Kylmälaitteet on sijoitettava erilleen lämmönlähteistä ja tarkastaa tiivisteiden kunto säännöllisesti. Lämpötila säädetään sopivaksi, jotta tuotteet säilyvät, mutta eivät kuitenkaan jäädy liikaa. Astianpesukoneessa on suositeltavaa pestä vain täysiä koneellisia. Uudemmissa astianpesukoneissa on myös mahdollisuus valita sopiva pesuohjelma astioiden likaisuuden mukaan. /21/

Pyykkiä pestäessä on suositeltavaa käyttää aina mahdollisuuksien salliessa mahdollisimman pieniä pesulämpötiloja. Pyykinpesukonetta olisi hyvä käyttää vasta, kun se on täynnä ja se kannattaa puhdistaa säännöllisesti. Tehokas linkous vähentää myös sähkönkulutusta ja lyhentää kuivaukseen kuluvaa aikaa. Koneellista kuivausta kannattaa käyttää vain, jos ulkona kuivaaminen ei ole mahdollista. Mikäli pyykinkuivauskonetta kuitenkin käytetään, olisi parempi aina kuivata täysiä koneellisia ja vain silityskuivaksi energian säästämiseksi. /21/

Yksi kohteen ulkorakennuksista toimii ylimääräisenä asuintilana tarvittaessa ja toinen ulkorakennus on käytössä erilaisten rakennuslaitteiden käyttöä varten. Käyttämättömänä ollessaan, olisi niiden sähköt syytä katkaista kokonaan turhan sähkönkulutuksen välttämiseksi. Ylimääräisenä asuintilana käytettävä rakennus toimii sähkölämmityksellä, joten talvisin sen käyttöä kannattaa välttää mikäli mahdollista, sillä silloin lämmittämiseen kuluu runsaasti sähköä.

Huoneiden lämpötilan laskeminen saa aikaan tuntuvan säästön sähkökuluissa. Huoneet, joita ei käytetä kovin usein, voi pitää jatkuvasti vähän viileämpänä. Jo

asteen pienempään huonelämpötilaan totuttautuminen saa aikaan tuntevia säästöjä
lämmityskuluissa. /21/

6 ILMANVAIHTO

Ilmanvaihdon toimivuus vaikuttaa suurelta osin rakennuksen energiatalouteen, yleiseen asumisviihtyisyyteen sekä rakennuksen kuntoon. Rakennus on suunniteltava niin, että sisäilma on viihtyisä ja terveellinen kaikissa sääoloissa ja käyttötilanteissa ja rakennettava niin, että ilmanvaihto toimii suunnitellusti, eikä aiheuta esimerkiksi liian suuria ilmavirtoja, jotka koetaan usein vedon tunteena. /22/

Määräysten mukaan koko asunnon ilmamäärän tulisi vaihtua noin kerran tunnissa. Hyvä ilmanvaihto on tehokas tapa suodattaa sisäilman epäpuhtauksia kuten esimerkiksi siitepölyä ja tuoda raikasta korvausilmaa tilalle sekä ehkäistä rakenteiden kosteusrasitusta. /3, 9-10/ /4/

Ilmanvaihto on tärkeä osa rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden kannalta. Rakennuksen sisäilmassa on lähes aina enemmän kosteutta kuin ulkoilmassa. Toimiva ilmanvaihto poistaa kosteuden ennen sen pääsyä rakenteeseen, jolloin rakenne pääsee kuivumaan riittävän tehokkaasti. Näin rakenteet toimivat kosteusteknisesti oikein. Kosteusteknisen toimivuuden perusedellytys on pyrkiä saamaan rakennuksen sisätila hieman alipaineiseksi ulkoilmaan nähden. Talosta siis imetään ilmaa enemmän kuin sinne tuodaan korvausilmaa tilalle. Vanhojen talojen epätiivis rakenne toimii juuri tällä tavoin mutta nykyään se vaatii lähes aina koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän. /3, 9-10/ /4/

6.1 Painovoimainen ilmanvaihto

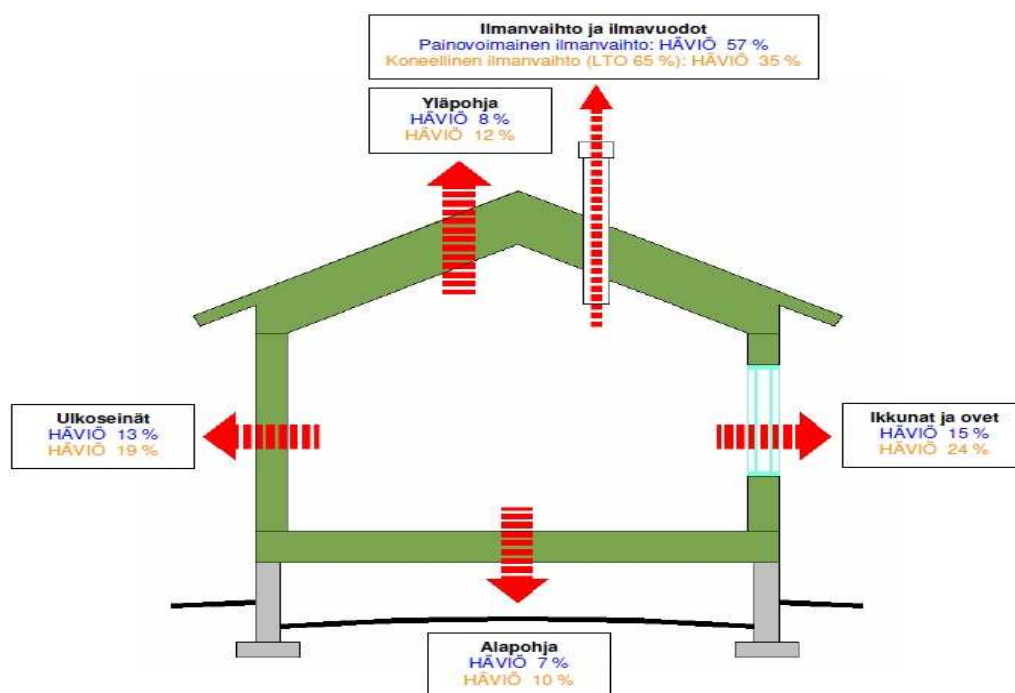
Vanhoissa rintamamiestaloissa ilmanvaihto on usein toteutettu painovoimaisella ilmanvaihdolla. Sen toimivuus perustuu sisä- ja ulkoilman lämpötilojen aiheuttamaan tiheyseroon, joka aiheuttaa sen, että lämmin sisäilma alkaa kohota ylöspäin ja poistuu rakennuksen yläosien aukoista. Myös tuuli saattaa vaikuttaa ilman vaihtuvuuteen muuttamalla sisä- ja ulkoilman paine-eroa. Painovoimaisen ilmanvaihdon ongelmana on, että sen teho saattaa muuttua sään ja lämpötilan mukaan ja tietyissä olosuhteissa se saattaa toimia jopa väärään suuntaan. Tällainen ei ole energiataloudellisesti kannattavaa, sillä suuri osa lämmitykseen

käytetystä energiasta pääsee karkaamaan, kun ei ole mahdollista ottaa poistoilman energiaa talteen. /3, 9-10/

Vanhoissa epätiiviissä taloissa ilmanvaihdon toimivuuden muutos sään mukaan saattaa aiheuttaa vedon tunnetta, jota pyritään korjaamaan nostamalla sisälämpötilaa. Lämpötilaeron kasvaessa ilma vaihtuu taas tehokkaammin ja syntyy energiantuhlauskierte. Lisäksi hallitsematon ilmanvirtaus rakenteiden läpi aiheuttaa kosteus-, home- ja lahovaurioita sekä lisää sisäilman epäpuhtauksia. Tällaisessa talossa koneelliseen ilmanvaihtoon liitettävän lämmön talteenottojärjestelmän hyödyt jäävät vähäisiksi hallitsemattoman ilmanvaihdon takia. /3, 9-10/

6.2 Koneellinen ilmanvaihto

Ilmanvaihdon mukana saattaa karata jopa kolmannes lämmitykseen käytetystä energiasta /3/. Painovoimaisen ilmanvaihdon lämpöhäviön suuruus on isompi kuin koneellisen ilmanvaihdon. Rakennuksen eri osien kautta karkaavan energian osuus on esitettyinä kuvassa 6. /7/



Kuva 6. Ilmanvaihdon aiheuttama lämpöhäviö. /7/

Energiatehokkuuden kannalta tehokkain on jatkuvasti toimiva, lämmön talteenotolla varustettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, joka lämmittää raitista ilmaa poistoilmasta talteen otetulla lämmöllä ennen huonetiloihin puhaltamista. Tuloilmasta voidaan myös suodattaa ulkoilman epäpuhtauksia. Lämmön talteenottojärjestelmä voi palauttaa jopa 80 % talteen otetun poistoilman sisältämästä lämmöstä takaisin hyötykäyttöön. /3/

Rintamamiestalojen painovoimainen ilmanvaihto toimii hyvin, joten niihin ei välttämättä tarvita erillistä koneellista ilmanvaihtoa. Koneellinen ilmanvaihto tulee kuitenkin tarpeeseen, mikäli rintamamiestalon rakenteiden tiiveyttä parannetaan. /3/

Ilmanvaihto olisi hyvä järjestää niin, että ulkoilma tuodaan ns. puhtaista tiloista eli makuu- ja olohuoneista sisätiloihin ja poistetaan likaisten tilojen eli esimerkiksi pesuhuoneen ja keittiön kautta. Ilma rakennuksen sisällä virtaa siis puhtaista tiloista likaisiin päin. /23/

Kohteeseen on asennettu aiempien korjauksien yhteydessä koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä. Märkätiloissa on poistoilmapuhallin, joka käynnistyy erillisestä katkaisijasta. Eteiseen on asennettu tuloilmapuhallin, joka puhalttaa suodatettua korvausilmaa sisätiloihin. Tuloilmapuhaltimen toimivuudesta ei ole täyttä varmuutta mutta rakennuksen epätiiveys on riittänyt korvausilman saamiseen. Myös liesituuletinta käytetään tarvittaessa ilmanvaihdon tehostamiseksi.

Ilmanvaihdon tulisi olla jatkuvasti toiminnassa vähintään minimiteholla. Luotettavasti ilmanvaihdon riittävyyden voi todeta vain mittaamalla, mutta ikkunoiden ja peilien huuruuntuminen esimerkiksi suihkun jälkeen on hyvä merkki riittämättömästä ilmanvaihdosta. /23/

Kohteessa ei ole koettavissa ilmanvaihdon riittämättömyydestä johtuvia ongelmia. Vesihöyryä ei tiivisty ikkunoihin ja sisäilma on raikas. Rakenteita tiivistettäessä on kuitenkin hyvä varmistaa riittävä korvausilman saanti, joten tuloilmapuhaltimen toiminta olisi hyvä varmistaa ja tarvittaessa korjata tai

vaihtaa. Sekä poistoilmapuhallin että tuloilmapuhallin kannattaa säätää toimimaan jatkuvasti pienellä teholla silloinkin, kun talo on tyhjillään.

Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden varmistamiseksi kannattaa suodattimet vaihtaa tai puhdistaa niiden likaannuttua, yleensä noin pari kertaa vuodessa. Tarvittaessa voidaan ilmanvaihtoa tehostaa ikkunatuuletuksella. /23/

Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon etuna on hallitun ilmanvaihdon toimivuus, tuloilman suodatus sekä lämmöntalteenotto. Erityisesti kohteessa tuloilman suodatus on tärkeää allergioiden vuoksi. Haittapuolena ovat ilmavirtojen aiheuttama vedon tunne sekä melu. /23/

7 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

Toimiva lämmitys vaikuttaa keskeisesti asumisviihtyisyyteen ja kustannuksiin. Rakennuksen energiantarve, koko ja asukkaiden asumistottumukset on huomioitava lämmitysjärjestelmää valittaessa ja mitoittaessa, jotta lämpötila olisi viihtyisä, muttei kuitenkaan aiheuttaisi turhaa energian kulutusta. /24/

Lämmitysjärjestelmää valittaessa kannattaa asiaa ajatella tulevaisuuden kannalta: mikä on lämmitysjärjestelmän käyttöikä, kuinka suuret ovat käyttökustannukset, sen aiheuttamat ympäristövaikutukset sekä järjestelmän vaihtoon ja mitoittamiseen kuluvat kustannukset. On myös mahdollista asentaa olemassa olevan lämmityslaitteen rinnalle toinen lämmöntuottolaite, mikäli alkuperäinen on hyväkuntoinen, eikä sitä ole kannattavaa purkaa. /24/

7.1 Lämmöntuottojärjestelmät

Lämmitysjärjestelmävaihtoehtoja on paljon ja jokaisessa on omat hyvät ja huonot puolensa. Lämmitysjärjestelmän vaihtamista suunnitellessa olisikin hyvä tutustua niiden ominaisuuksiin ja valita niistä omaan taloon sopivin vaihtoehto. /24/

7.1.1 Pellettilämmitys

Pelletti on sahateollisuuden sivutuotteena saatavasta kutterinpurusta tai sahajauhosta valmistettua kovaksi puristettua kuivaa puumassaa. Pelletti palaa puhtaasti, eikä siitä synny tuhkaa niin paljon kuin tavallisesta puusta. Pellettilämmityslaitteistoon kuuluu pellettipoltin, siihen kytketty kattila sekä järjestelmää ohjaava automatiikka. Järjestelmään on myös mahdollista kytkeä vesivaraaja varajärjestelmäksi. /24/ /25/

Pellettijärjestelmä on automaattinen ja toimii säätölaitteiden ohjaamana, joten se on helppokäyttöinen ja vaatii huoltoa noin 2-3 kertaa vuodessa. Pellettijärjestelmä, jossa on yhdistelmäkattila, on hyötysuhteeltaan erittäin hyvä. Tällaisessa järjestelmässä on usein myös automaattinen puhdistusjärjestelmä. Pellettijärjestelmän lämmönjakoon voidaan käyttää vesikiertoista lämmönjakomenetelmää. /24/ /25/

Pellettilämmitysjärjestelmän hyviä puolia ovat helppo käytettävyys sekä ympäristöystävällisyys. Puupolttoaineet ovat ympäristöystävällisiä, sillä ne ovat uusiutuva energiavara ja se on halpaa ja helppoa hankkia erityisesti Suomessa. Pellettilämmitysjärjestelmä on kuitenkin kallis vaihtoehto ja pellettien varastointiin tarvitaan erillinen varastointitila. /24/ /25/

7.1.2 Puulämmitys

Puukattiloiden polttoaineena voidaan käyttää haketta, pilkkeitä ja halkoja. Puukattilaan voidaan liittää vesivaraaja, johon kattilassa kehittynyt lämpö siirretään ja josta lämpö siirretään lämmönjakoverkostoon. Puulämmityksen lämmönjakojärjestelmänä käytetään siis vesikiertoista lämmönjakojärjestelmää. /24/ /25/

Puukattiloita on kolme erilaista: ylä-, ala- ja käänteispalokattila. Yläpalokattilassa polttoainetta lisätään säännöllisesti pienissä määrissä. Alapalokattilassa polttoainetta voi lisätä harvemmin ja palaminen on tasaisempaa. Käänteispalokattilassa puu kaasuuntuu ja syntynyt puukaasu johdetaan jälkipolttilaan, jossa se palaa puhtaasti korkeassa lämpötilassa. /24/ /25/

Pientalon lämmitykseen kuluu yleensä noin 20 pinokuutiometriä puupolttoainetta vuodessa. Hyvän puukattilan hyötysuhde voi olla jopa yli 80 %. Puukattilan huoltotöihin kuuluu tuhkan poistaminen ja kattilan nuohoaminen valmistajan ohjeen mukaisesti. Huonolaatuinen polttoaine ja osateholla lämmittäminen kuitenkin lisäävät nuohoustarvetta. /24/ /25/

7.1.3 Sähkölämmitys

Sähkölämmitys voidaan tehdä joko huonekohtaisena tai vesikiertoisena. Huonekohtaiseen sähkölämmitykseen on saatavilla paljon erilaisia lämmitysratkaisuja kuten lattia-, patteri-, katto- ja ilmalämmitys, joista kannattaa valita jokaiseen huoneeseen sopivin ja tarkoituksenmukaisin vaihtoehto tai niiden yhdistelmä. Vesikiertoisessa sähkölämmityksessä lämmöntuottolaitteena toimii sähkövastuksilla varustettu varaaja tai sähkökattila, jolla tuotettu lämpö jaetaan huonetiloihin vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä. /24/ /25/

Sähkölämmityksen käyttökustannukset ovat korkeat. Siksi sähkölämmitystä kannattaa harkita taloon, jonka lämmitystarve on pieni. Sähkölämmityksen rinnalla kannattaa erityisesti kovien pakkasien aikaan hyödyntää puulämmitystä kulujen pienentämiseksi. Sähkölämmityksen tuotanto aiheuttaa paljon hiilidioksidipäästöjä, mutta on mahdollista myös valita ympäristöystävällisempää, uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä. /24/ /25/

7.1.4 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpun periaatteena on kerätä maaperään, kallioon tai veteen varastoitunutta auringonlämpöä. Maalämpöpumpun tuottama lämpöenergia on pääosin uusiutuvaa energiaa. Se vaatii kuitenkin toimiakseen myös sähköä. Järjestelmä on suositeltavaa suunnitella kokonaisuutena, jotta se toimisi tarkoituksien mukaisesti. /24/ /25/

Maalämpöpumpun lämmönkeruupiirin valinta riippuu rakennuksen sijainnista. Jos peruskallio on tontilla tarpeeksi lähellä maan pintaa, lämmönlähteeksi sopii hyvin porakaivo. Porakaivoa käytettäessä maalämpöpumppua on mahdollista käyttää myös ilman viilentämiseen. Suurelle tontille on myös mahdollista asentaa vaakaputkisto lähelle maanpintaa lämmönlähteeksi. Se ei kuitenkaan sovi kiviseen maahan, sillä roudan liikuttamat kivet saattavat vaurioittaa putkistoa. Mikäli rakennus sijaitsee vesistön lähellä, voidaan lämpö kerätä vedestä. /24/ /25/

Maalämpöpumpun hankinta on kallista, mutta sen käyttökustannukset ovat alhaiset. Kannattavuus on parempi suuremmissa, yli 150 m² rakennuksissa. Maalämpöpumppu ei vaadi juurikaan huoltoa. Sen kompressorin käyttöikä on noin 15-20 vuotta ja se on myös helppo rikkoutuessaan vaihtaa ilman, että koko lämpöpumppua tarvitsee vaihtaa. /24/ /25/

7.1.5 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate on sama kuin muillakin lämpöpumpuilla, mutta se ottaa lämmitysenergiansa ulkoilmasta. Sitä voidaan käyttää myös käyttöveden lämmittämiseen. Ulkolämpötilan laskiessa lämmitysenergian määrä laskee ja jos lämpötila laskee alle -20 °C, se ei enää kykene kattamaan talon koko

lämmitystarvetta, joten se vaatii rinnalleen varajärjestelmän. Tällaisia päiviä on kuitenkin lämmityskaudessa vähän. /24/ /25/

Ilma-vesilämpöpumpun hankintahinta on alhaisempi kuin maalämpöpumppujen ja se on helppo asentaa valmiiseenkin taloon. Se voidaan asentaa myös kohteisiin, joihin maalämpöpumpun asentaminen ei maaperän laadun vuoksi ole mahdollista. Ilma-vesilämpöpumpun huonona puolena on höyrystinyksikön aiheuttama puhallinääni sekä höyrystinpatterin vaatima ajoittainen sulatus, joka alentaa saavutettavaa lämpökerrointa. /24/ /25/

7.1.6 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumppu sopii parhaiten pieniin taloihin. Sen avulla voidaan hoitaa koko talon lämmitystarve. Poistoilmalämpöpumpun toiminta perustuu talosta poistettavasta lämpimästä sisäilmasta otettuun lämpöön, joka siirretään vesikiertoiseen lämmönjakojärjestelmään. Poistoilmalämpöpumpulla voidaan myös lämmittää lämmin käyttövesi tai viilentää sisäilmaa. Se hoitaa myös talon ilmanvaihdon ja korvaa normaalin ilmanvaihtolaitteiston ja lämmöntalteenoton. /24/ /25/

Poistoilmalämpöpumpun teho ei riitä ilman lämpötilan laskiessa tarpeeksi alhaiseksi. Lisää lämpötehoa voidaan kuitenkin tuottaa poistoilmalämpöpumpun omilla sähkövastuksilla. Sen käyttö on helppoa ja se vaatii vain suodattimien puhdistuksen ja vaihdon ajoittain, yleensä noin kerran vuodessa. Poistoilmalämpöpumpun hankintahinta on alhaisempi kuin muiden lämpöpumppujen. /24/ /25/

7.1.7 Kaukolämpö

Kaukolämpö tuotetaan lämpö- tai voimalaitoksissa. Se johdetaan laitoksista kaukolämpöverkostoa pitkin lämmönjakokeskukseen ja sieltä edelleen käyttäjälle. Kaukolämmön käyttäminen vaatii talon liittämisen kaukolämpöverkostoon. Kaukolämmön käyttömahdollisuudet ovat siis paikkakuntaakohtaisia. Kaukolämpöverkostoon liittymisestä veloitetaan liittymismaksu ja käytöstä

veloitetaan perus- ja energiamaksu. Kaukolämpöä käytetään usein taajama-alueilla lämmöntuottamiseen. /24/ /25/

Kaukolämpölaitteet hankitaan lämpöurakoitsijaliikkeestä tai lämpöyhtiöltä. Laitteet on hyvä sijoittaa erilliseen tekniseen laitetilaan, johon voi sijoittaa muitakin teknisiä laitteita. Laitteet mitoitetaan sopiviksi vastaamaan rakennuksen energiantarvetta niin, että lämpöä riittää aina sekä sisäilman että käyttöveden lämmittämiseen. Kaukolämmön käyttökustannukset ovat paikkakuntaakohtaisia. Kaukolämpöjärjestelmä on käyttäjälle helppohoitoinen. 15 vuotta käytössä olleille laitteille on tehtävä täydellinen katselmus ja sen jälkeen tarkastettava laitteet vuosittain. /24/ /25/

Kaukolämmön käytön ympäristövaikutukset vaihtelevat laitoksen mukaan. Yleisimmin kaukolämmön tuottamiseen käytetään polttoaineena fossiilisia polttoaineita. Kaukolämmön käyttämisestä aiheutuvat päästöt keskimääräisessä pientalon lämmönkulutuksessa voi olla jopa yli 2 tonnia hiilidioksidia vuodessa. /24/ /25/

7.1.8 Öljylämmitys

Öljylämmitys on helposti säädettävä ja hyötysuhteeltaan hyvä lämmitysjärjestelmä. Öljy on puhtaasti palava polttoaine ja öljylämmitysjärjestelmä voidaan yhdistää uusiutuvaa energiaa käyttävään järjestelmään. Öljylämmityksellä voidaan lämmittää sisäilman lisäksi myös lämmin käyttövesi. /24/ /25/

Öljypoltinta huolletaan kahden vuoden välein tai kun 5000 litraa lämmitysöljyä on käytetty. Öljypolttimen huollon yhteydessä on syytä puhdistuttaa samalla myös kattila. Mahdollisten häiriötilanteiden varalta öljylämmityskattilassa on oma sähkövastus. Öljylämmitysjärjestelmä tarvitsee lattiatilaa 4-6 m² ja laitteet yleensä sijoitetaan erilliseen tekniseen tilaan. /24/ /25/

7.1.9 Kaasulämmitys

Kaasulämmitys on periaatteeltaan öljylämmityksen kaltainen. Rakennus kytketään maakaasuverkkoon, josta kaasu johdetaan jakeluputkistoa pitkin asiakkaan käyttöön. Maakaasuverkkoon liittymisestä maksetaan liittymismaksu. Lämmitykseen voidaan käyttää joko maakaasua tai biohajoavista jätteistä tuotettua biokaasua. Maakaasu on fossiilinen polttoaine. Sen käyttö aiheuttaa vähemmän hiilidioksidipäästöjä kuin öljylämmitys. Jos rakennuksessa on käytetty ennen kaasulämmitykseen päätymistä öljylämmitystä ja vanha öljykattila on kunnossa, se voidaan muuttaa kaasukäyttöiseksi, eikä sitä tarvitse purkaa. /24/

Kaasulämmityksen käyttö ei vaadi juurikaan huoltoa. Maakaasu ei likaa kattilaa eikä savuhormia. Poltinlaitteiden säädöt on hyvä tarkistaa tasaisin väliajoin. Huoltoväli määräytyy laitteiston valmistajan ohjeiden mukaisesti. Vuotojen havaitsemisen helpottamiseksi maakaasu hajustetaan lisäaineella. /24/

7.2 Varalämmitysjärjestelmät

Varalämmitysjärjestelmät ovat talon lämmittämiseen käytettävän lämmitysjärjestelmän rinnalla käytettävä järjestelmä. Varalämmitysjärjestelmää voidaan hyödyntää esimerkiksi ostoenergian pienentämiseksi tai kovimpien pakkasten aikaan lisälämmöntuottoon. /24/

7.2.1 Aurinkolämmitys

Aurinkolämpöä käytetään pientaloissa useimmiten täydentämässä peruslämmitysjärjestelmää. Aurinkolämpöjärjestelmissä otetaan aurinkokerääjillä talteen energiaa ja siirretään se lämpimään käyttöveteen tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Aurinkosähköjärjestelmissä käytetyt aurinkopaneelit muuttavat kerätyn auringon säteilyn sähköksi. Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää myös passiivisesti eli ilman erillisiä laitteita suunnittelemalla rakennus sijainniltaan, muodoltaan, kooltaan ja suuntaukseltaan aurinkoenergian keräämiseen soveltuvaksi. /24/ /25/

Aurinkolämpöjärjestelmällä voidaan pientalon vuotuisesta lämmitysenergian tarpeesta tuottaa jopa 25-35 %. Aurinkolämpöjärjestelmän huoltaminen on helppoa, se vaatii vain keräinten pinnan puhdistamista ajoittain. /24/ /25/

7.2.2 Tulisijat

Tulisijoilla voidaan merkittävästi vähentää energiakuluja. Tulisijoja voidaan käyttää esimerkiksi sähkölämmityksen rinnalla varalämmitysjärjestelmänä. Kevytrakenteiset tulisijat luovuttavat lämpöenergian nopeasti ja tehokkaasti, kun taas varaavat tulisijat varastoivat lämmön tulisijan massiivisiin rakenteisiin, joista lämpö vapautuu pitkään ja tasaisesti. Varaavien tulisijojen hyötysuhde voi olla jopa 80 %. /24/ /25/

Tulisija vaatii aina hormiliitännän ja se on parasta sijoittaa talon keskivaiheille avonaiseen tilaan, jotta se saa tarvitsemaansa palamisilmaa riittävästi ja lämpö leviäisi tasaisesti koko taloon ja savuhormin veto toimisi moitteettomasti. Tulisijan piippu on nuohottava vähintään kerran vuodessa vaurioitumisen estämiseksi ja lämmönluovutuksen parantamiseksi. /24/ /25/

7.2.3 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu soveltuu parhaiten huonekohtaisen sähkölämmityksen varalämmitysjärjestelmäksi. Ilmalämpöpumpun toimintaperiaate on siirtää lämpöenergiaa ulkoilmasta ja luovuttaa se suoraan sisäilmaan. Ilmalämpöpumppua voidaan näin ollen myös hyödyntää sisäilman viilentämisessä. Ilmalämpöpumpulla voidaan kattaa jopa 40 % talon lämmitystarpeesta. /24/ /25/

Ilmalämpöpumpussa on erillinen sisäyksikkö, joka sijoitetaan talon avonaiseen tilaan, kuten eteiseen lähelle katonrajaa, sekä ulkoyksikkö, joka kiinnitetään talon ulkoseinään lumirajan yläpuolelle. Tehokkaampi ilmalämpöpumppu kuluttaa vähemmän sähköä, joten kannattaa aina valita tehokkaampi laite. Ilmalämpöpumpun huoltaminen on helppoa, ainoastaan sen suodattimet on puhdistettava ja vaihdettava ajoittain. /24/ /25/

7.3 Kohteen lämmitysjärjestelmä

Kohteessa on käytössä lämmöntuottojärjestelmänä JÄMÄ-PUU 126, alapaloperiaatteella toimiva varastopesäkattila. Kattilassa on itsessään noin 100 litrainen vesitila. Kattilaa käytetään tehoalueella 10-30 kW ja polttoaineena käytetään useimmiten puuta tai turvetta. Kattilaan on liitetty 1100 litrainen vesivaraaja. Kohteen lämmityskattila sekä vesivaraaja on nähtävissä kuvassa 7.



Kuva 7. JÄMÄ-PUU 126 varastopesäkattila ja siihen liitetty vesivaraaja.

Kohteessa hyödynnetään vesikiertoista lämmönjakojärjestelmää. Vesikiertoisessa lämmönjakojärjestelmässä periaatteena on, että kattilassa lämmitetty vesi kierrätetään rakennuksen lämpöpattereissa tai lattialämmitysputkissa, jotka luovuttavat lämmön huonetiloihin. Vesikiertoisen lämmönjakojärjestelmän etuna on, että lämmöntuottojärjestelmä on tarvittaessa helppo vaihtaa tai liittää sen rinnalle varalämmöntuottojärjestelmä. Lämmönjakotapana on kohteessa käytetty pattereiden ja lattialämmityksen yhdistelmää. Lämpötiloja pystyy säätämään huonekohtaisesti termostaattilla. /24/

Varalämmitysjärjestelmänä käytetään talon keskelle sijoitettua pönttöuunia. Pönttöuunia ja talon yhdessä makuuhuoneessa sijaitsevaa puuhellaa käytetään lähinnä kovien pakkasten aikaan lisälämmitykseen.

Muihin lämmitysjärjestelmien ominaisuuksiin verraten, rakennuksessa jo olemassa oleva lämmitysjärjestelmä on toistaiseksi paras ratkaisu. Lämmitysjärjestelmä on rakennuksen kokoon, sijaintiin ja rakennustapaan nähden

erittäin hyödyllinen ratkaisu erityisesti rakennuksen lämmöneristyksen ja tiiveyden parantamisen jälkeen. Lämmitysjärjestelmä on käytännöllinen ja sen käyttökustannukset ovat edulliset. Lämmitysjärjestelmä on myös vielä hyvässä kunnossa sekä uuden lämmöntuottojärjestelmän vaihtaminen on kallista, joten tarvetta sen vaihtamiselle ei ole. Jos kuitenkin jossain vaiheessa on lämmitysjärjestelmän vaihtaminen aiheellinen, kannattaa lämmitykseen edelleen käyttää samaa ratkaisua.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

8.1 Kannattavuus

Tavoitteena oli löytää 1,5-kerrokselliselle rintamamiestalolle energiatehokkuutta parantavia ratkaisuja työn helppouden, ympäristöystävällisyyden, kustannusten ja hyötysuhteen kannalta.

Lisälämmöneristämistä päätettiin harkita asumisviihtyisyyden ja lämmityskustannusten vähentämiseksi. Yläpohjan eristepaksuutta päätettiin kasvattaa 400 mm nykyisten U-arvovaatimusten täyttämiseksi. Lattian vanha purueriste päätettiin vaihtaa vuorivillaan sen tehokkaamman lämmöneristävyysvuoksi ja koska osassa lattiaa sitä oli jo käytetty lämmöneristeenä. Ulkoseinien purueriste korvataan myös vuorivillalla ja lisäeristeeksi asennetaan 50 mm tuulensuojavillaa. Myös sokkeli päätettiin lisäeristää vedon tunteen vähentämiseksi.

Lisäeristystyön yhteydessä parannetaan myös rakennuksen tiiveyttä. Ikkuna- ja oviaukot tiivistetään sekä höyrynsulut asennetaan rakennuksen liittymiin tiiviisti niin, että koko rakennuksen ympäri saadaan kulkemaan yhtenäinen höyrynsulku.

Ilmanvaihto kohteessa on tällä hetkellä riittävä, mutta rakennuksen tiiveyttä parannettaessa saatetaan tarvita parempaa ilmanvaihtoa. Tuloilmapuhaltimen toimivuus on syytä tarkistaa ja tarvittaessa korjata tai vaihtaa. Tulo- ja poistoilmapuhaltimet kannattaa säätää jatkuvasti pienellä teholla toimiviksi riittävän ilmanvaihdon varmistamiseksi. Suodattimet on myös syytä puhdistaa.

Työssä annettujen ohjeiden mukaisesti muutettu asumiskäyttäminen sekä kodinkone-, valaistus- ja laiteratkaisuiden hyödyntäminen auttaa pienentämään vuosittaista sähkönkulutusta.

Lämmitysjärjestelmä todettiin käytännölliseksi ja edulliseksi ratkaisuksi, joten sen muuttamiseen ei toistaiseksi ole tarvetta.

8.2 Riskit

Rakennuksen tiiveyttä ja lämmöneristävyyttä parannettaessa on aina olemassa riski, että korjaustyössä muutetaan rakenteen toiminta erityisesti asiantuntemattomissa korjauksissa. Tämä saattaa johtaa vakaviin home- ja lahovaurioihin.

Osa taustatiedoista on olettamuksia ja muistinvaraisia tietoja, joten täyttä varmuutta ei kaikista vanhojen rakennusosien tiedoista ole, sillä rakennepiirustuksia rakennukselle ei ole koskaan tehty. Joitain rakenteita ei ole avattu useampaan vuoteen, joten rakenteiden kunnosta ei ole varmuutta. Mikäli korjaustöissä löydetään vaurioita rakenteessa, voivat korjaustöiden laajuus ja kustannukset kasvaa tuntuvasti.

LÄHDELUETTELO

- /1/ Särkinen, Åke W. (2005). Jälleenrakennusajan pientalo. Jyväskylä: Rakennustieto Oy.
- /2/ Suorakanava Oy. Rintamamiestalon peruskorjausmallit [online]. [Viitattu 11.11.2010] Saatavilla internetissä: <<http://www.rakentaja.fi/index.asp?s=/kuluttaja/suorakanava/rintamamiestalo.htm>>
- /3/ SPU-Eristeet. Eristä oikein. Rintamamiestalo [online]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavilla internetissä: <http://www.spu.fi/files/spu/oppaat/SPU_rintamamiestalo_UltraLR.pdf>
- /4/ Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto (2010). D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma [online]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavilla internetissä: <http://www.finlex.fi/data/normit/34165-D3-2010_suomi_22-12-2008.pdf>
- /5/ Energiatehokas rakentaminen on kannattava sijoitus [online]. [Viitattu: 11.11.2010]. Saatavilla internetissä: <<http://www.energiaviisastalo.fi/?id=78>>
- /6/ Rakentamisen tietopalvelu. Lämmöneristys [online]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavilla internetissä: <<http://www.suomirakentaa.fi/pienrakentajasivut/korjausrakentaminen/runko-ja-vaippa/laemmoneristys>>
- /7/ Wood Focus Oy. Energiaa säästävä pientalo: suunnitteluohje matalaenergiarakentamiseen [online]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavilla internetissä: <<http://www.puuinfo.fi/kirjasto/energiaa-saastava-pientalo>>
- /8/ SPU-eristeet. Matalaenergiarakentaminen: suunnitteluvaihe [online]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavilla internetissä: <http://www.spu.fi/energia_suunnitteluvaihe>
- /9/ Museovirasto. Korjauskortisto: Yleiskortti [online]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavilla internetissä: <<http://www.nba.fi/tiedostot/0e3d8ede.pdf>>
- /10/ Ratu F31-0354 (2010). Ulkoseinän puuverhouksen purku, uusiminen ja lisälämmöneristys.
- /11/ Hellsten, Johanna (2008). Rintamamiestalo voi olla energiaterhokas. Rakennuslehti. Saatavilla internetissä: <<http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/lehtiarkisto/13183.html>>
- /12/ Paroc Oy (2010). Pientalon lisäeristysopas [online]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavilla internetissä: <http://www.paroc.com/SPPS/Finland/BI_attachments/BIFI%20esitteet/Pi>

entalon_lisaeristysopas_www_2008.pdf >

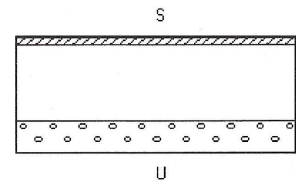
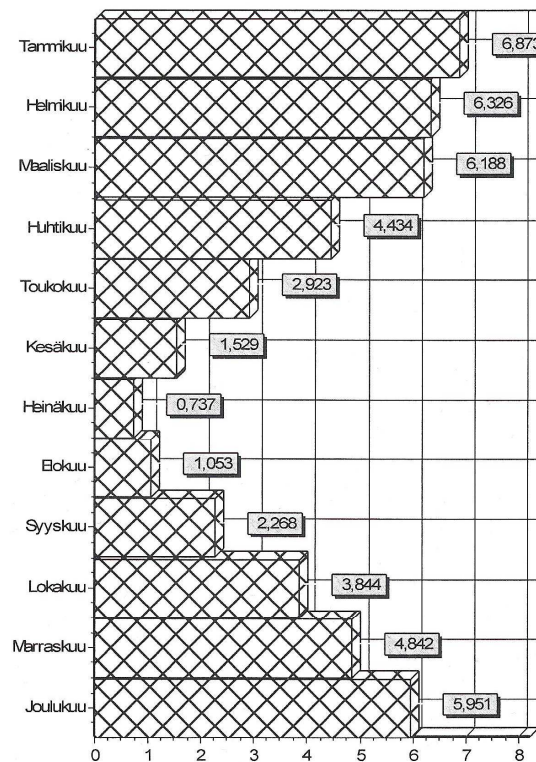
- /13/ Lommi, Jouko. Energiankulutus kuriin remontoimalla [online]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavilla internetissä:
<http://www.prkk.fi/files/pdf/2633/5_09energiankulutus.pdf>
- /14/ Suorakanava Oy. Yläpohjan lisäeristäminen [online]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavilla internetissä:
<<http://www.rakentaja.fi/index.asp?s=/kuluttaja/paroc/parocuusi10.htm>>
- /15/ Rönkkö, Pekka. Yläpohjan lisäeristys on taloudellisesti kannattavaa [online]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavilla internetissä:
<http://www.prkk.fi/files/2638/1_10ylapohjan.pdf>
- /16/ Paroc oy. Ulkoseinän lisäeristäminen: työohje [online]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavilla internetissä:
<http://www.paroc.com/spps/Finland/BI_attachments/renova_ty%C3%B6ohje.pdf>
- /17/ Paroc oy. Asennusohje ulkoseinän ja sokkelin lisäeristämiseen [online]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavilla internetissä:
<http://www.paroc.com/spps/Finland/BI_attachments/BIFI%20esitteet/PAROC_Renova_asennusohje_A4_pdf_versio2.pdf>
- /18/ RIL 249-2009 (2009). Matalaenergiarakennukset, asuinrakennukset [online]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavilla internetissä:
<http://www.ril.fi/web/files/vers_ril_249_2009_luku_3_14.5.pdf>
- /19/ Tiivistalo. Puutalon tiivistäminen: Ikkuna- ja oviaukot [online]. [Viitattu: 11.11.2010]. Saatavilla internetissä:
<<http://www.tiivistalo.fi/ohjeet/default.asp?sivu=puutalon%20tiivist%E4minen&otsikko=2%20ikkuna-%20ja%20oviaukot&tunnus=161>>
- /20/ Tiivistalo. Puutalon tiivistäminen: höyrynsulku [online]. [Viitattu: 11.11.2010]. Saatavilla internetissä:
<<http://www.tiivistalo.fi/ohjeet/default.asp?sivu=puutalon%20tiivist%E4minen&otsikko=1%20h%C6%20h%C6%20rynsulku&tunnus=174>>
- /21/ Motiva oy. Näin säästät energiaa [online]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavilla internetissä:
<http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/nain_saastat_energiaa/sahko>
- /22/ Ympäristöministeriö (2003). D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto [online]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavilla internetissä: <<http://www.finlex.fi/pdf/normit/1921-D2s.pdf>>

- /23/ Hengitysliitto Heli ry (2002). Terveellisen rakennuksen ilmanvaihto [online]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavilla internetissä:
<<http://www.sisailma.info/tiedostot/Oppaat/Ilmanvaihto%202002.pdf>>
- /24/ Motiva Oy. Pientalon lämmitysjärjestelmät [online]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavilla internetissä:
<http://www.motiva.fi/files/2701/Pientalon_lammitysjarjestelmat.pdf>
- /25/ Energiatehokas koti. Lämmitys [online]. [Viitattu 29.11.2010]. Saatavilla internetissä:
<http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikkan_suunnittelu/lammitys>

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 18.11.2010	Tunnus:

Rakenteen kerrostiedot: Kerrokset sisältä (S) ulos (U)

KERROS:	T [mm]:
Pintamateriaali	3.00
Pontattu lankku	25.00
Sahanpuru	250.00
Betoni	100.00


Lämpöhaivio: (Yhteensä 46.968 kWh)

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.354 W/m2K
Paksuus:	378.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m2
Paino:	292.00 kg
Hinta:	0.00 euro

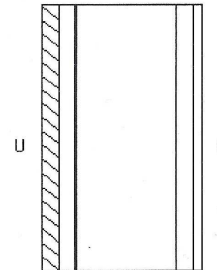
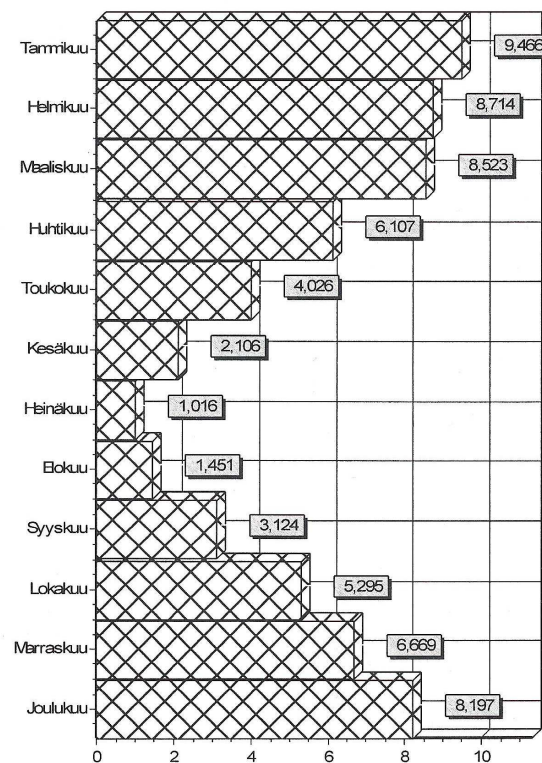
Vesihöyryn vastus:	10112.584 m2hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000099 g/m2hPa
Lämmönvastus:	2.826 m2K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m2K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m2K/W
Kulma (0-90):	0.000

Lisätiedot:

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 18.11.2010	Tunnus:

Rakenteen kerrostiedot: Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:
Ulkoverhouslaudoitus	25.00
Vinolaudoitus	25.00
Tervapaperi	1.00
Sahanpuru	150.00
Tervapaperi	1.00
Vinolaudoitus	25.00
Lastulevy	12.00


Lämpöhäviö: (Yhteensä 64.695 kWh)

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.326 W/m ² K
Paksuus:	239.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	44.40 kg
Hinta:	0.00 euro

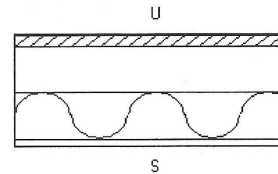
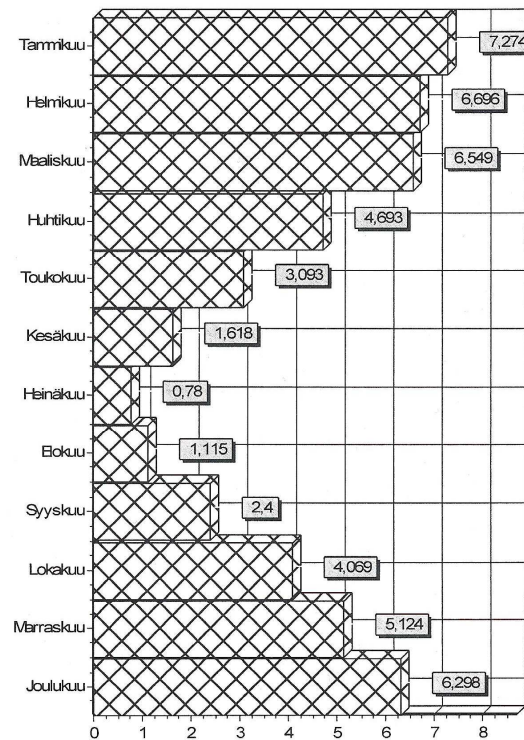
Vesihöyryn vastus:	5167.932 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000194 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.051 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000

Lisätiedot:

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys:	Tunnus:
	18.11.2010	

Rakenteen kerrostiedot: Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:
Vesikate	2.00
Laudoitus	25.00
Tuulettuva ilmarako	100.00
Mineraalivilla	100.00
Tervapaperi	1.00
Gyproc GN 13	13.00


Lämpöhäviö: (Yhteensä 49.710 kWh)

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.375 W/m ² K
Paksuus:	241.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	25.01 kg
Hinta:	0.00 euro

Vesihöyryn vastus:	4458.956 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000224 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.670 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	0.000

Lisätiedot:

